


Oberstufenzentrum Informations- und Medizintechnik

# Untersuchung der Anwendbarkeit von Powerline im Krankenhaus

Technikerarbeit für den
Staatlich geprüften Techniker
**Fachrichtung Medizintechnik**

vorgelegt beim
Oberstufenzentrum Informations- und Medizintechnik
Berlin

Betreuender Dozent:
Hr. Cokgüngör
Hr. Müller

vorgelegt von:
Daniel Schmidt
FM71

eingereicht am:
05.05.2009

# Vorwort

Als sich Herr Cokgüngör mit dem Vorschlag an mich wandte, eine Technikerarbeit zum Thema Powerline zu schreiben, war ich hellauf von dieser Idee begeistert.
Privat interessierte mich dieses Thema schon eine ganze Weile, jedoch hatte ich bislang nicht die Möglichkeit, diese Technik einmal auszuprobieren.
Ich konnte es gar nicht erwarten, mit dem Testen zu beginnen, denn so ganz konnte ich es nicht glauben, dass Daten fehlerfrei über die Stromleitung übertragen werden konnten und dies bei einer höheren Übertragungsgeschwindigkeit als WLAN.
Mit Herrn Kieß von der IT-Abteilung der Charité hatte ich einen kompetenten Fachmann an meiner Seite, der mich bei Fragestellungen zum Thema Vernetzung stets unterstützte. Von der Charité wurden mir zudem insgesamt 15 Powerline-Adapter und ein Netbook zur Verfügung gestellt, wodurch ich große Freiheiten bei der Durchführung meiner Arbeiten besaß.
Mit Spannung packte ich die neuen Errungenschaften aus und erfuhr sehr bald erste Erfolgsmomente, da die Adapter ohne großen Konfigurationsaufwand funktionierten.
Und so testete ich die Adapter auf ihre Übertragungsgeschwindigkeit, auf ihre Kompatibilität mit anderen Herstellern und viele Aspekte mehr.
Jedoch sollte auch die Anwendbarkeit im Krankenhaus nicht vernachlässigt werden, darum testete ich die Powerline-Verbindung auf ihre elektromagnetische Verträglichkeit mit Medizinprodukten.
Ein Aspekt, der mir schon seit der ersten Sekunde nicht mehr aus dem Kopf ging, war die Untersuchung der Abstrahlung der Powerline-Geräte. Leider konnte dieser Test aufgrund von Zeit- und Materialmangel nicht mehr umgesetzt werden.
Obwohl mir am Anfang noch Zweifel kamen, wie ich mindestens 40 Seiten über ein Thema schreiben sollte, verflüchtigten sich diese, sobald ich begann, meine Testergebnisse niederzuschreiben. Zusammen mit der Theorie erreichte ich doch eine beachtliche Fülle an Informationen.
Ich wäre gerne noch genauer auf die Funktionsweise der Powerline-Technik, die Sicherheit der Daten und den Vergleich von Powerline zu WLAN eingegangen, jedoch hätte dies eindeutig den Rahmen gesprengt. So entschied ich mich, diese Themen nur kurz zu erwähnen.

Ich bedanke mich bei Herrn Kieß für sein jederzeit offenes Ohr und die großartige Unterstützung mit Know-How und Material.
Ein großes Dank geht an Sven Meyer, der mir wiederholt die benötigten medizinischen Geräte zur Verfügung stellte, ich bitte um Verzeihung für die aufgewendete Zeit.
Auch wenn die Umsetzung nicht möglich war, möchte ich doch die Bemühungen von Herrn Müller hervorheben, der äußerst kurzfristig versucht hat, die Abstrahlungsmessungen doch noch durchzuführen.
Ich danke meiner Freundin Jenny für ihr Verständnis in stressigen Arbeitsphasen und ihre produktive Unterstützung bei der finalen Ausarbeitung.
Abschließend soll Herr Cokgüngör als Initiator dieser Technikerarbeit natürlich auch nicht vergessen werden.

Berlin, den 4.5.2009 Daniel Schmidt, FM71

## Inhaltsverzeichnis

# 1 Pflichtenheft

## 1.1 Das Thema der Arbeit

Untersuchung der Anwendbarkeit von Powerline im Krankenhaus.

## 1.2 Ausschlüsse

Der Bau eines eigenen Systems zur Datenübertragung über das Stromnetz wird in dieser Arbeit nicht eingeschlossen. Gründe dafür sind die mangelnden finanziellen Mittel, sowie ein zu großer zeitlicher Aufwand.
Diese Arbeit befasst sich nicht mit der Technik PLC (Einspeisung des Internets von außen über Stromkabel. Es soll ausschließlich „Inhouse"-Powerline untersucht werden.

## 1.3 Meilensteine

| | |
|---|---|
| 30.6.2008 | Themensuche, Kontaktaufnahme zu Frank Kieß (Charité Berlin) zwecks Unterstützung |
| 10.7.2008 | Erste Klärung des Arbeitsfeldes und der Techniker-Arbeit mit Frank Kieß |
| 11.7.2008 | Beginn der Recherche-Arbeiten zum Arbeitsprinzip von bestehenden Datenübertragungssystemen |
| 7.10.2008 | Festlegung der Rahmenbedingungen in Zusammenarbeit mit Herrn Pieper und Herrn Kieß |
| 01. 2009 | Informationssuche und Vorbereitung |
| 3.2.2009 | Lieferung der Powerline-Adapter |
| 02. 2009 | Durchführung der Praxistestreihe 1 |
| 04. 2009 | Durchführung der Praxistestreihe 2 |
| 30.4.2009 | Abschließende Überarbeitung (Fehlerkorrektur, Verweise, Fußnoten äußeres Erscheinungsbild usw.) |
| 5.5.2009 | Abgabe der Arbeit |

## 1.4 Aufwand

Der zeitliche Aufwand betrug 1 ½ Semester.

## 1.5 Material

Es wurden Powerline-Adapter der Hersteller Netgear, Devolo und Panasonic als primäre Testobjekte verwendet.

## 1.6 Praxis-Tests

### 1.6.1 Testreihe 1

Aufbau eines Netzwerkes mit mehreren Adaptern. Hierbei sollen folgende Fragestellungen gelöst werden:

- Welche Geschwindigkeiten sind möglich?
- Lassen sich zwei parallele Netzwerke in einem Stromnetz verwirklichen?
- Harmonieren die Adapter verschiedener Hersteller miteinander?

### 1.6.2 Testreihe 2

Das Zusammenspiel der Adapter mit medizinischen Geräten soll untersucht werden:

- Beeinflussen die Powerline-Adapter EKG-Geräte?
- Werden die Powerline-Adapter von HF-Chirurgiegeräten beeinflusst?

## 1.7 Dokumentation

Folgende Punkte sollen dokumentiert werden:

- Unterscheidung
- Funktionsprinzip
- Gesetzliche Bestimmungen, Normen
- Praxistestreihe 1
- Elektromagnetische Verträglichkeit
- Praxistestreihe 2
- Galvanische Trennung
- Risikobewertung
- Ergebnis
- Zukunftsaussichten

# 2 Einleitung

Ein großes Netzwerk in einem Krankenhaus einzurichten stellt einen sehr hohen Kostenfaktor dar: Wände müssen aufgerissen, meterlange Kabelbahnen verlegt und über Switches miteinander verbunden werden. Ein Ausbau des bestehenden Netzes ist ebenfalls nicht aufwandslos möglich. Behindern zudem gesetzliche Auflagen wie Denkmalschutz die Arbeiten, wird die Einrichtung eines Netzwerkes schnell zu einem komplizierten Unterfangen.
Eine kostengünstige und zeitsparende Alternative ist es, wenn die Leitungen für eine Datenübertragung verwendet werden, die schon vorhanden sind: Die Stromleitungen. Powerline stellt eine flexible und schnelle Lösung zur Vernetzung dar, ohne bauliche Maßnahmen und mit wesentlich geringerem Planungsaufwand.
Die Idee, Daten über das Stromnetz zu versenden ist nicht ganz neu. Bestehende Produkte sind schon seit 2003 erhältlich, wobei sich die Technologie ständig weiterentwickelt. Aufgrund verschiedener Hersteller etablierten sich verschiedene Namen, doch das grundsätzliche Funktionsprinzip blieb stets gleich.

# 3 Die Unterscheidung PowerLAN und PLC

## 3.1 PowerLAN

PowerLAN ist ein Verfahren zum Erstellen eines lokalen Netzwerkes, bei dem das Stromnetz als Übertragungsmedium dient, auch als *Inhouse-Powerline* bezeichnet.
Im Vergleich zu PLC arbeitet PowerLAN mit wesentlich geringeren Sendepegeln, wodurch die Abstrahlung deutlich geringer ist.
Gängige Standards sind:

### 3.1.1 HomePlug

HomePlug (z.B. HomePlug 1.0 , HomePlug Turbo, HomePlug AV), der gängigste Standard für PowerLAN. Bandbreiten bis zu 200 Mbit/s sind je nach Generation bei einer Reichweite von 200-300 m möglich.
Das Frequenzband reicht bei der aktuellen Generation (HomePlug AV) von 1,8 bis 30 MHz.

### 3.1.2 UPA

Die Universal Powerline Association hat es sich zum Ziel gemacht, einen einheitliches Verfahren für die Vernetzung über die Stromleitung einzuführen. Der UPA-Standard (Powerline HD) ist zum HomePlug-Standard nicht kompatibel.
UPA-standardisierte Geräte verwenden ein Frequenzband von 2 - 32 MHz.

### 3.1.3 HD-PLC

Der eigens von Panasonic eingeführte Standard besitzt eine Brutto-Übertragungsgeschwindigkeit von 190 Mbit/s.
HD-PLC-Geräte verwenden ein Frequenzband von 4-28 MHz.

## 3.2 Powerline Communication (PLC)

Hiermit ist das Verfahren gemeint, Internet über die Hochspannungsleitungen von außen in die Haushalte einzuspeisen. Einige Energieversorger wie z.B. RWE stellen hierzu einen Internetzugang über das Stromkabel zwischen Steckdose und Trafostation bereit. Teilweise auch als *„TFA“ (Trägerfrequenzanlage)* bezeichnet.

Dieses System hat sich jedoch nie ganz durchgesetzt und ist nur in einem Testgebiet im Raum Mannheim verwirklicht. Gründe hierfür sind große technische Probleme und eine hohe Emission hochfrequenter, magnetischer Strahlung angesichts fehlender Abschirmung der Stromkabel. Aufgrund der entstehenden Strahlung, die über den zulässigen Grenzwerten (gemäß FreqNP NB 30) liegt, ist dieses System sehr umstritten.

Diese Techniker-Arbeit befasst sich nicht mit PLC, da diese Technik aufgrund der oben genannten Gründe in der Praxis nicht anwendbar ist und die Wahrscheinlichkeit für die Einstellung des Projektes *PLC* groß erscheint.

Im Folgenden soll ausschließlich das Verfahren *PowerLAN* näher untersucht werden. Als einheitliche Bezeichnung für alle PowerLAN-Geräte wird im folgenden *Powerline* als Oberbegriff verwendet.

# 4 Funktionsprinzip

Für Powerline wird das vorhandene Stromnetz im Haus zur Einrichtung eines Netzwerkes benutzt. Auf die Netzspannung von 230 Volt wird ein binäres Signal moduliert.

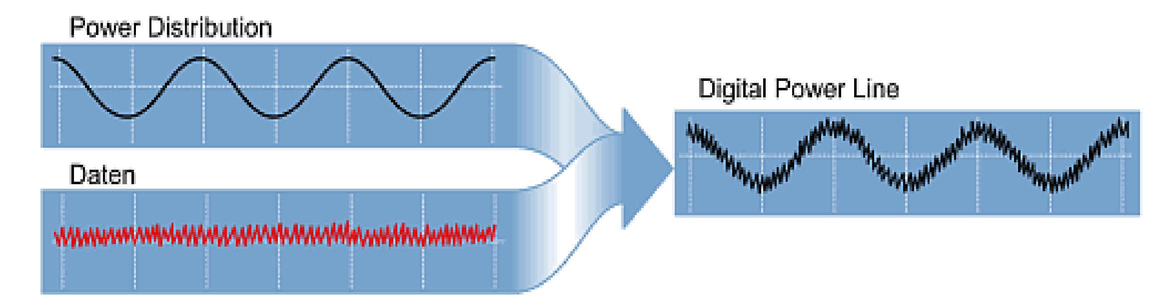



**Abb. 1:** Modulation der Netzspannung

Die Adapter werden entweder per Netzkabel oder direkt in die Steckdose gesteckt und durch ein Netzwerkkabel (Patchkabel) mit der Netzwerkkarte eines Computers oder eines anderen elektrischen Gerätes verbunden.

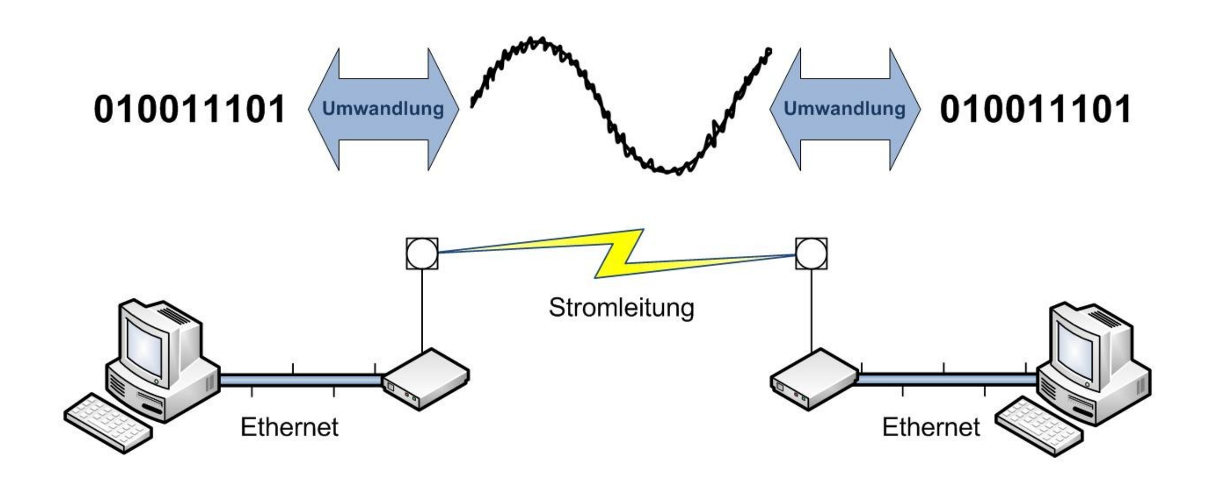



**Abb. 2:** Umwandlung der Ethernet-Informationen

## 4.1 Ethernet und Powerline

Das System lässt sich in zwei Bereiche einteilen: Die Ethernet-Übertragungstrecke und die Powerline-Übertragungstrecke.

Zunächst werden die zu versendenden Daten über eine herkömmliche Ethernet-Verbindung vom PC zum Powerline-Adapter übertragen.

Der Powerline-Adapter teilt nun den Frequenzbereich in hunderte von Kanälen auf, die jeweils einen Teil des Datenstromes übertragen sollen.
Dieses Verfahren wird OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) genannt. Die einzelnen Kanäle des Frequenzbandes existieren nicht wirklich, da sie jeweils keine eigenen Sender und Empfänger besitzen. Daher werden diese als virtuelle Kanäle des Frequenzbereichs bezeichnet.

Der Sender teilt das Datensignal in kleine Pakete auf, die dann auf die unterschiedlichen Kanäle aufgeteilt und beim Empfänger wieder rekonstruiert werden. Dabei erkennt der Empfänger, wenn ein Paket verloren gegangen ist und den virtuellen Kanal, über welchen das Paket hätte gesendet werden müssen.
Eine Rückmeldung veranlasst den Sender, das entsprechende Paket erneut zu senden. Durch diesen Vorgang passt sich das System ständig den momentanen Bedingungen und Störungen im Stromnetz an, korrigiert diese oder kann gegebenenfalls gestörte Teilfrequenzbänder ausblenden.

Der Empfänger-Adapter sendet die Daten nun per Ethernet-Verbindung an das empfangende Gerät.

Die Daten stehen an jeder Steckdose eines Stromkreises zur Verfügung.
Besitzen medizinische Geräte einen Anschluss für ein Patchkabel, können diese direkt in das Netzwerk eingebunden werden. Bei einer RS-232 Schnittstelle ist ein PC vonnöten, welcher dann den Zugang zum Netzwerk ermöglicht.

## 4.2 Intelligente Geschwindigkeitszuweisung

Jede Powerline-Verbindung besitzt einen taktgebenden Adapter, der als *Master* agiert. Alle anderen im Stromnetz angeschlossenen Adapter bekommen daraufhin die Zuweisung *Terminal*.
Der *Master* koordiniert die Verteilung der Bandbreite und weist jedem Adapter einen Zeitrahmen zu, in dem dieser Daten versenden darf.
Zwar wird dem Anwender, wie im Beispiel von Netgear und Devolo, nicht immer angezeigt, welcher Adapter gerade als *Master* deklariert ist, allerdings führt immer ein Adapter diese Funktion aus. Sofern der Anwender keine *Master*/*Terminal*-Zuweisung

durchführt, wird derjenige Adapter als *Master* deklariert, der als Erster Zugang zum Stromnetz hat. Steht eine hohe Übertragungsbandbreite zur Verfügung, wird diese gerecht auf alle Adapter verteilt.
Sinkt die Übertragungsbandbreite, da Störquellen im Netz Übertragungskanäle blockieren, findet eine Priorisierung statt: Der *Master* erhält den Großteil der Übertragungsbandbreite, den *Terminals* kommt demnach ein geringerer Anteil der Bandbreite zu. Diese Zuweisung wird ständig angepasst. So wird beispielsweise die Bandbreite eines *Terminal*-Adapters erhöht, wenn dieser große Datenmengen überträgt, allerdings behält der *Master*-Adapter stets die oberste Priorität.

## 4.3 Topologie des Netzwerkes

Bei Powerline herrscht eine physikalische Bustopologie vor, d.h. dass alle Geräte an einer Leitung angeschlossen sind und immer nur ein Gerät senden oder empfangen kann.

## 4.4 Reichweite und Signalqualität

In erster Linie gibt die Leistung des Adapters Auskunft über die maximale Reichweite des Netzwerkes, jedoch spielt auch die Qualität der Leitungen eine Rolle.
Der HomePlug-Standard erreicht theoretisch eine Reichweite von 200-300 m innerhalb eines Stromkreises.
Angeschlossene Geräte und Störquellen innerhalb des Stromnetzes dämpfen die Signalqualität zusätzlich.

Ein Stromzähler begrenzt die Reichweite, da die Dämpfung der Signale so stark ist, dass eine Datenübertragung über den Stromzähler hinaus nur schwer möglich ist.

Zudem sollte auf die Verwendung von Verteilersteckdosen verzichtet werden, jedes weitere Gerät am Netz kann die Sendeleistung dämpfen.
Strom-Verteilerkästen dämpfen das Signal besonders stark. Der Knotenpunkt zwischen mehreren Häusern besitzt eine sehr niedrige Impedanz (Wellenwiderstand) und lässt vom Hochfrequenz-Datensignal nur kaum verwertbare Überreste durch. Bei Impedanzunterschieden innerhalb der Signalweiterleitung z.B. zwischen einem Gerät

und einer Leitung, kommt es zu Reflexionen, welche die Leistungsübertragung mindern.

## 4.5 Verschlüsselung

### 4.5.1 DES

Im HomePlug-Standard erfolgt eine Verschlüsselung per DES-Verfahren (Data Encryption Standard).

Die 56 Bit lange Chiffrierung ist mit der WEP-Verschlüsselung aus der W-LAN-Technik zu vergleichen.

Hierbei wird jeder Datenblock mit Hilfe eines Schlüssels einzeln chiffriert.

Aus der vom Anwender eingegebenen Netzwerkkennung wird der 56-Bit lange Schlüssel generiert.

Jeweils ein Datenblock wird mit einem Chiffreblock transformiert und als sogenannter Cipherdatenblock (Verschlüsselter Datenblock) übertragen.

Zum chiffrieren und dechiffrieren einer Nachricht wird ein- und derselbe Schlüssel verwendet.

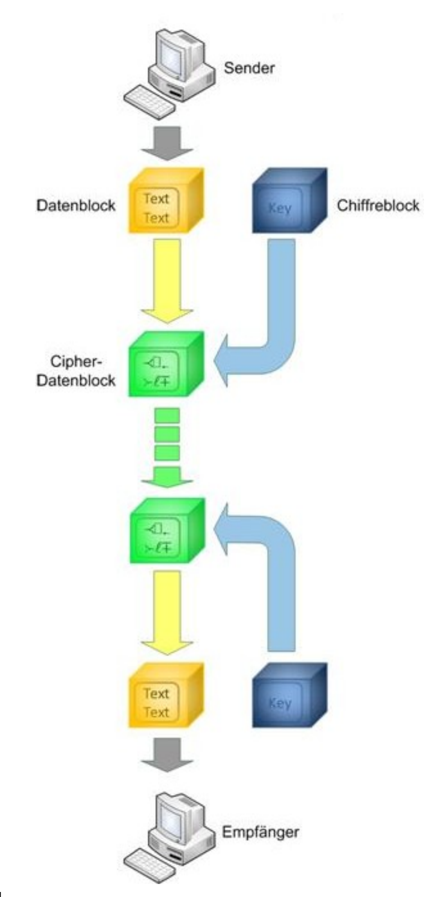



**Abb. 3:** DES-Verschlüsselung

### 4.5.2 3DES

Eine Abwandlung des DES-Standards stellt 3DES dar, bei dem der DES-Chiffrierungsvorgang drei Mal hintereinander ausgeführt wird.

Die 3DES-Technik gilt als ähnlich sicher wie die moderne AES-Verschlüsselung, allerdings ist ein wesentlich höherer Rechenaufwand vonnöten.

### 4.5.3 AES

Der sogenannte Advanced Encryption Standard ist die Weiterentwicklung des DES, bei dem der Chiffrier-Schlüssel 128, 192 oder 256 Bits lang sein kann und somit eine höhere Datensicherheit gewährleistet wird.

AES wird vom HomePlugAV-Standard, sowie von den Panasonic-standardisierten Geräten verwendet.

## 4.6 Kompatibilität

Zwar schreibt der HomePlug-Standard vor, dass Modelle unterschiedlicher Hersteller miteinander kombinierbar sein müssen, allerdings entsprechen nicht alle Geräte auf dem Markt diesem Standard.
Die Adapter der unterschiedlichen Hersteller können weitestgehend nicht miteinander interagieren, da sie unterschiedliche Sende- und Empfangskanäle verwenden. Zudem variieren die verwendeten Verschlüsselungstechniken von Anbieter zu Anbieter.

Die Standards UPA und HomePlug sind nicht miteinander kompatibel und sollten daher nicht im gleichen Netz verwendet werden. Zudem können Adapter nach HomePlug AV nicht mit HomePlug 1.0 oder HomePlug Turbo-Adaptern kommunizieren.
Die unterschiedlichen Standards sind koexistent zueinander, d.h. es lassen sich zwar Adapter der Standards HomePlug 1.0 und HomePlug AV im selben Stromnetz betreiben, eine Datenübertragung ist aber nur innerhalb des eigenen Standards möglich.

# 5 Gesetzliche Bestimmungen und Normen

## 5.1 Deutsche Bestimmungen

**Anwendbarkeit des EMVG**

Das *„Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit“* befasst sich mit „Betriebsmitteln, die elektromagnetische Störungen verursachen können oder deren Betrieb durch elektromagnetische Störungen beeinträchtigt werden kann“[1].
Das EMVG geht von der freizügigen Nutzung leitergebundener Telekommunikationsnetze aus, sofern harmonisierte, vorhandene Normen eingehalten wurden.

---

[1] EMVG Abschnitt 1, §3 Abs. 1

Diese freizügige Nutzung wird durch Verordnungen wie die NB 30 oder die SchuTSEV räumlich (regionale Schutzzonen), sachlich (Grenzwerte) und zeitlich begrenzt, um die Störpegel für sicherheitsrelevante Funknetze auf ein Minimum zu reduzieren.

## 5.2 Europäische Bestimmungen

**Richtlinie 2004/108/EG**

Die EMV-Richtlinie 2004/108/EG (ehemals 89/336/EWG) mit dem Titel *Elektromagnetische Verträglichkeit (von Elektro- und Elektronikprodukten)* wurde mit dem *Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit (EMVG)* in deutsches Recht umgesetzt.

**EMV-Normen (Normen zur Elektromagnetischen Verträglichkeit)**

Damit ein Gerät den Schutzzielen der EMV-Richtlinie 2004/108/EG entspricht, muss es nach relevanten EMV-Normen hergestellt sein.
Für Powerline-Geräte relevante EMV-Normen:

| | |
|---|---|
| DIN EN 60950: | *Einrichtungen der Informationstechnik - Sicherheit* |
| DIN EN 50412: | *Kommunikationsgeräte und –Systeme auf elektrischen Niederspannungsnetzen im Frequenzbereich 1,6 MHz bis 30 MHz* |
| DIN EN 55022: | *Einrichtungen der Informationstechnik Funkstöreigenschaften – Grenzwerte und Messverfahren* |
| DIN EN 55024: | *Einrichtungen der Informationstechnik Störfestigkeitseigenschaften - Grenzwerte und Prüfverfahren* |

**DIN EN 60601**

*Medizinische elektrische Geräte*

Diese Norm enthält allgemeine Festlegungen für die Sicherheit von medizinisch elektrischen Geräten. Sie findet beispielsweise immer dann Anwendung, wenn ein elektrisches Gerät in der Medizin verwendet werden soll.
Soll ein Powerline-Adapter in der Medizin eingesetzt werden, muss er dieser Norm entsprechen.

Relevante Ergänzungsnormen der DIN EN 60601 sind:

DIN EN 60601-1-1: *Festlegungen für die Sicherheit von medizinischen elektrischen Systemen*

DIN EN 60601-1-2: *Elektromagnetische Verträglichkeit – Anforderungen und Prüfungen*

**DIN EN ISO 14971**

*Anwendung des Risikomanagements auf Medizinprodukte*

Diese Norm ersetzt die bisherige Norm DIN EN 1441
*Medizinprodukte – Risikoanalyse* sowie den Teil der DIN EN 60601-1-4,
der sich mit der Risikobewertung befasst.

## 5.3 Internationale Bestimmungen

**IEEE-Standards**

Nebst anderen Normen für Technik, Hardware und Software veröffentlicht das *Institute of Electrical and Electronical Engineers (IEEE)* Standards für die Kommunikation in Netzwerken. Von besonderer Relevanz sind:

IEEE 802.3
*Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection (CSMA/CD)*
Regelt den Zugriff verschiedener Stationen auf ein gemeinsames Übertragungsmedium.
Die am häufigsten verwendeten Erweiterungen sind:

IEEE 802.3 Clause 14 (ehemals 802.3i)
10 Mbit/s Ethernet mit Twisted-Pair-Kabel (zwei verdrillte Aderpaare), auch als 10Base-T bezeichnet.

IEEE 802.3 Clause 25 (ehemals 802.3u)
100 Mbit/s Ethernet (Fast Ethernet) mit Twisted-Pair-Kabeln, auch als 100Base-Tx bezeichnet.

IEEE 802.3x
100Mbit/s Ethernet (Fast Ethernet) mit Twisted-Pair-Kabeln. Dieser Standard ist Vollduplexfähig, d.h. ein Gerät kann über die Leitung gleichzeitig Daten empfangen und versenden.

Die von der IEEE erlassenen Standards gelten für die Ethernet-Seite der Powerline-Geräte. Zwar existiert bereits eine Arbeitsgruppe für einen neuen Standard für die Powerline-Seite der Geräte (IEEE P1901), der die unterschiedlichen Standards vereinen soll, allerdings befindet sich dieser noch mindestens bis 2010 in der Entwicklung.

# 6 Praxistestreihe 1: Informationstechnische Aspekte

## 6.1 Vorbereitung

Da theoretische Erkenntnisse für eine gründliche Beurteilung nicht ausreichend sind, soll im Folgenden eine praktische Testreihe durchgeführt werden. Diese erste Testreihe befasst sich mit den informationstechnischen Aspekten wie Übertragungsgeschwindigkeit, Verlässlichkeit der Verbindung oder der Erstellung von getrennten Netzen.

Hierfür liegen jeweils 5 PowerLAN-Adapter von 3 verschiedenen Herstellern vor.

Tabelle 1: Herstellerangaben der Powerline-Adapter

| | **Netgear HDX101** | **Devolo dLAN 200 AVpro2** | **Panasonic BL-PA 100** |
|---|---|---|---|
| **Powerline-Standard** | Powerline HD | HomePlug AV | HD-PLC |
| **LAN-Standard** | IEEE 802.3<br>IEEE 802.3u | IEEE 802.3<br>IEEE 802.3x<br>IEEE 802.3u | IEEE 802.3<br>IEEE 802.3u |
| **Chipsatz** | DS2 | Intellon | Panasonic |
| **Nennleistung** | 6,3 W | 5,5 W | 3,8 W |
| **Verschlüsselungsart** | DES/3DES | 128 Bit AES | 128 Bit AES |
| **Größe des Netzwerkes** | 32 | 64 | 16 |
| **Bandbreite (Brutto)** | 200 Mbit/s | 200 Mbit/s | 190 Mbit/s |
| **Bandbreite (Netto)** | >80 Mbit/s | 60 Mbit/s | 42 Mbit/s |
| **Frequenzband** | 2-32 MHz | 1,8-30 MHz | 4-28 MHz |
| **Modulationsverfahren** | OFDM | OFDM | OFDM |
| **Elektrische Sicherheit** | UL-zertifiziert<br>CE-Kennzeichen | CE 0682 | CE 0682 |
| **EMV** | FCC Part 15,<br>Class B | EMV<br>2004/108/EG<br>EN 55022 Class A<br>EN 50412<br>EN 60950 | EN 55022<br>EN 55024<br>EN 60950 |
| **Kompatibilität** | Koexistent zu<br>HomePlug 1.0,<br>HomePlug Turbo | Koexistent zu<br>HomePlug 1.0 | Keine Angabe |
| **Preis pro Adapter** | 55 € | 136 € | 79 € |

**Sonstige Testutensilien:**

Desktop PC:

| | |
|---|---|
| Prozessor | AMD Athlon 64 3000+ (Single-Core) |
| Arbeitsspeicher | 1,5 GB |
| Betriebssystem | Windows XP Professional 32-Bit |

Netbook Acer Aspire One:

| | |
|---|---|
| Prozessor | Intel Atom 1,6 GHz (Single-Core) |
| Arbeitsspeicher | 0,98 GB |
| Betriebssystem | Windows XP Professional SP3 32-Bit |

**Verwendete Software:**

JPerf 2.0

Wireshark 1.0.5

Netgear HDX101-Konfigurationssoftware 1.0.1.9

Devolo Informer (Version 23)

Devolo dLAN-Konfigurationsassistent




**Abb. 4:** Powerline-Adapter: Netgear, Devolo und Panasonic (v. l. n. r.).

## 6.2 Messmethode der Durchsatzprüfungen

Ein PC wird per Powerline-Adapter an das Stromnetz angeschlossen und als Server definiert. Per Netbook (als Client definiert) und einem weiteren Adapter in einer anderen Steckdose wird die Durchsatzgeschwindigkeit der Verbindung überprüft. Dies geschieht mithilfe des Netzwerk-Analyse-Programms JPerf 2.0.

**Abb. 5:** JPerf

Der Client beginnt, TCP-Datenpakete an den Server zu senden. Die Sendedauer beträgt 20 Sekunden.

Im Sekundentakt wird die momentane Übertragungsgeschwindigkeit gemessen und nach Abschluss der Sendedauer als durchschnittliche Übertragungsgeschwindigkeit ausgegeben. Dies ist der *Inbound-Traffic*.

Im Anschluss sendet der Server in gleicher Weise an den Client. Die Geschwindigkeit der 20-sekündigen Übertragungszeit wird ebenfalls ausgeworfen. Dies ist der *Outbound-Traffic*.

Dieser Vorgang wird jeweils 4-mal durchgeführt, um einen repräsentativen Mittelwert der jeweiligen Steckdose/Verbindung zu erhalten.

**Genaue Einstellungen im Programm JPerf:**

Parallel Streams: 1
Listen Port: 5.001
Num Connections: 0

Application layer options:
Enable Compability Mode: Off
Transmit: 20 Seconds
Output Format: MBits
Report Interval: 1 s
Testing Mode: Trade
Test Port: 5.001
Representative File: None
Print MSS: Off

Transport layer options:
TCP: On
Buffer Length: 2 MBytes
TCP Window Size: 128 KBytes

Max Segment Size: 1 Kbytes
TCP No Delay: Off

IP layer options:
TTL: 1
Type of Service: None
Bind to Host: None
IPv6: Off

## 6.3 Test 1: 1zu1-Verbindung zwischen zwei Rechnern

### 6.3.1 Vorbereitung

Ein wichtiges Kriterium zum Beurteilen von Netzwerken aller Art ist die Geschwindigkeit, mit der Daten übertragen werden können. Anhand einer zweistöckigen Testwohnung soll die Geschwindigkeit des Netzwerk-Traffics von einer festen Steckdose zu allen anderen Steckdosen der Wohnung ermittelt werden.

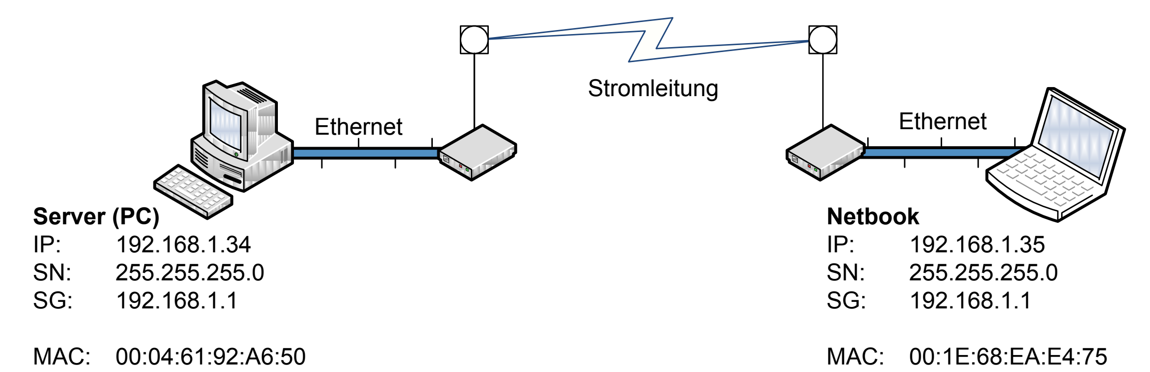



**Abb. 6:** Test 1: Testaufbau

Der Server wird über einen Powerline-Adapter an eine Steckdose der Wohnung angeschlossen. Per Laptop und einem weiteren Adapter wird der Durchsatz jeder Steckdose zum Server ermittelt.

Die 17 gemessenen Steckdosen sind folgendermaßen gegliedert:

**1.Etage:**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1: | Wohnzimmer 1 | 11: | Wohnraum I |
| 2: | Wohnzimmer 2 | 12: | Schlafzimmer |
| 3: | Wohnzimmer 3 | | |
| 4: | Wohnzimmer 4 | **2.Etage:** | |
| 5: | Flur | 13: | Wohnraum II 1 |
| 6: | Küche 1 | 14: | Wohnraum II 2 |
| 7: | Küche 2 | 15: | Wohnraum III 1 |
| 8: | Küche 3 | 16: | Wohnraum III 2 |
| 9: | Küche 4 | 17: | Wohnraum III 3 |
| 10: | Bad | | |

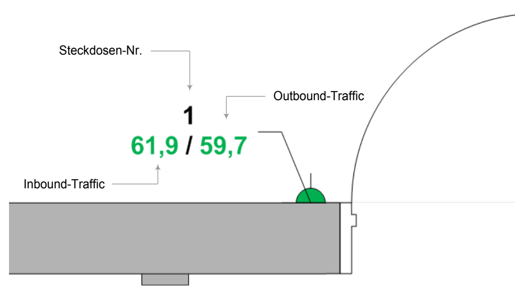



**Abb. 7:** Legende der Zeichnungen

Für die 3 unterschiedlichen Adapter existieren jeweils 2 Raumpläne, in denen alle getesteten Steckdosen vermerkt sind. Zu jeder Steckdose ist die aus jeweils vier Messungen gemittelte Geschwindigkeit für Inbound-Traffic und Outbound-Traffic in Mbit/s angegeben. Für den Test wurden alle offensichtlichen, potentiellen Störquellen vom Netz getrennt, um einer Beeinflussung der Testergebnisse vorzubeugen.

Zusätzlich zeigt ein Farbcode die Qualität der Verbindung:

| | |
|---|---|
| 0-19,9 Mbit/s | schlechte Verbindung (rote Kennzeichnung) |
| 20-45 Mbit/s | mittelgute Verbindung (gelbe Kennzeichnung) |
| >45 Mbit/s | gute Verbindung (grüne Kennzeichnung) |

### 6.3.2 Durchführung

1. Etage Netgear




**Abb. 8:** Test 1: Netgear 1.Etage

# 2. Etage Netgear

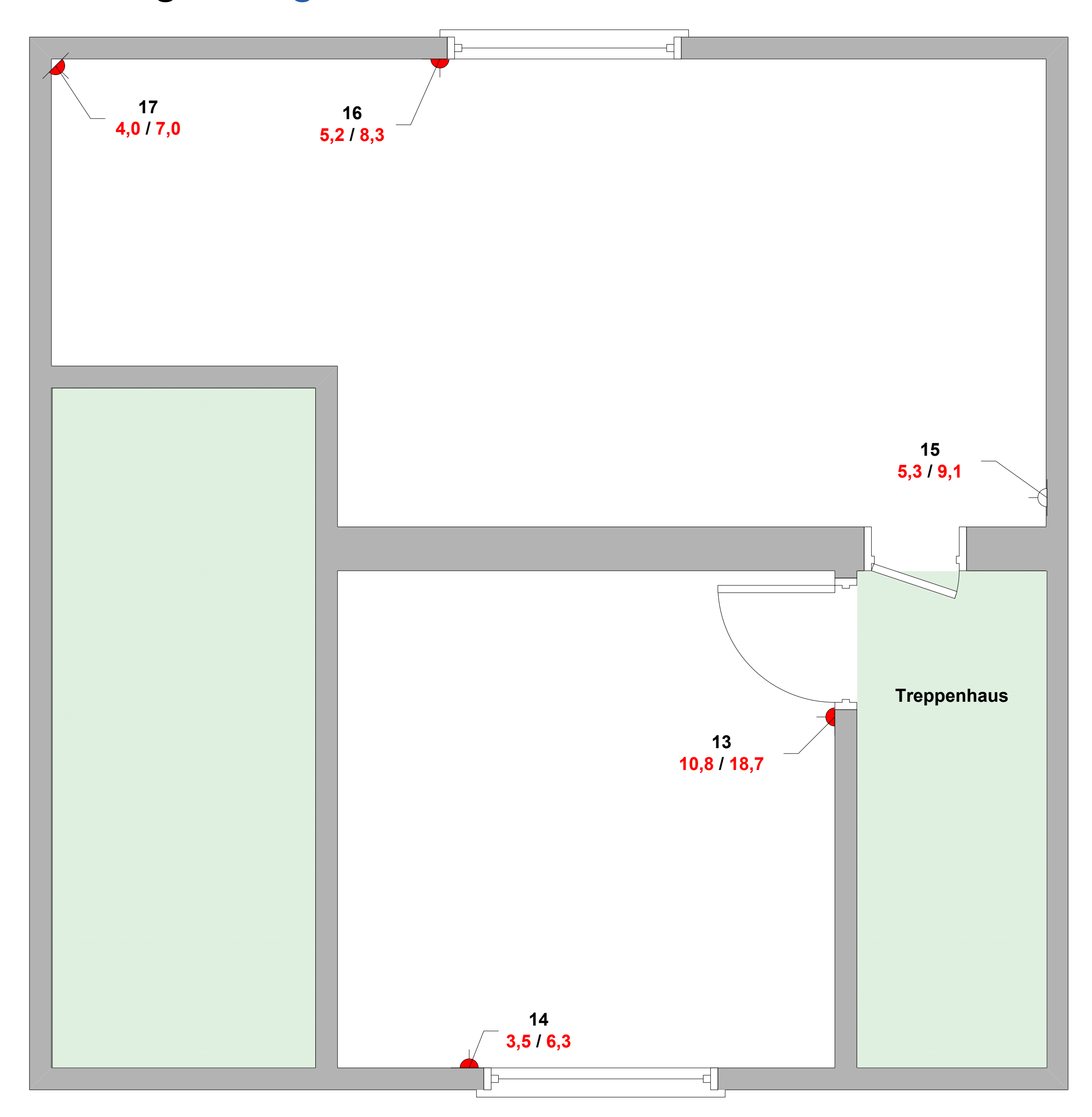



**Abb. 9:** Test 1: Netgear 2.Etage

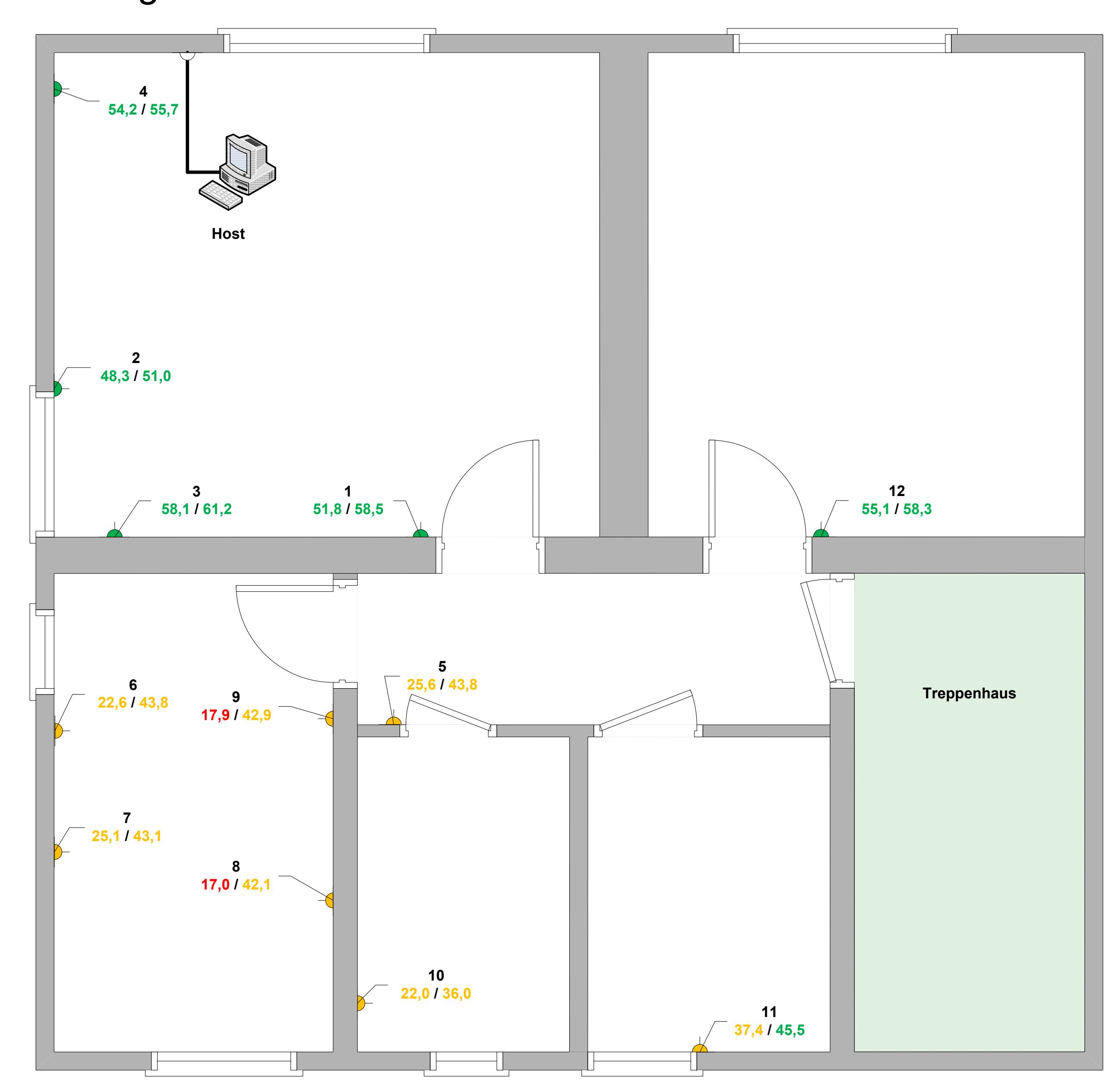



**Abb. 10:** Test 1: Devolo 1.Etage

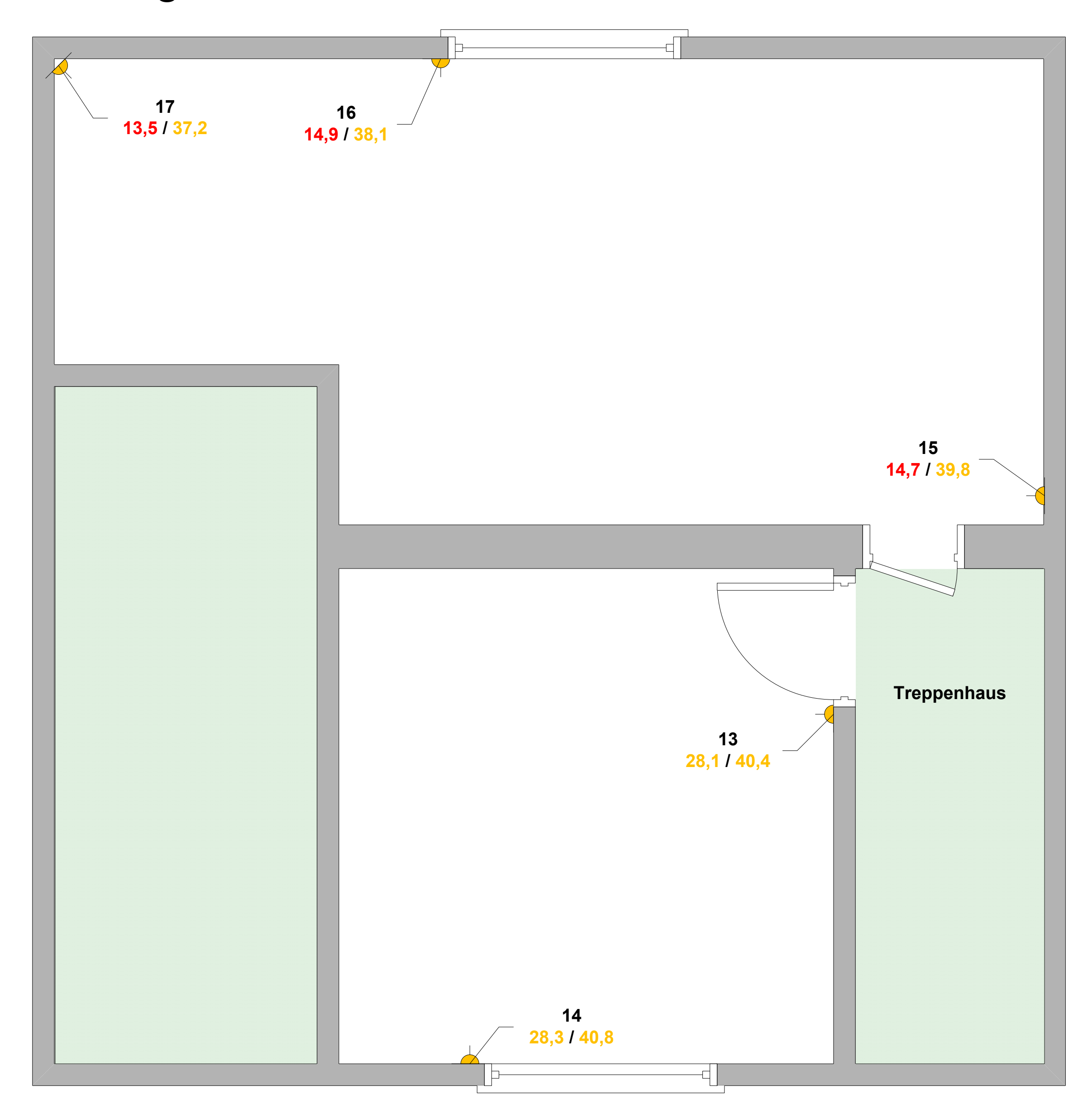



**Abb. 11:** Test 1: Devolo 2.Etage

## 1. Etage Panasonic

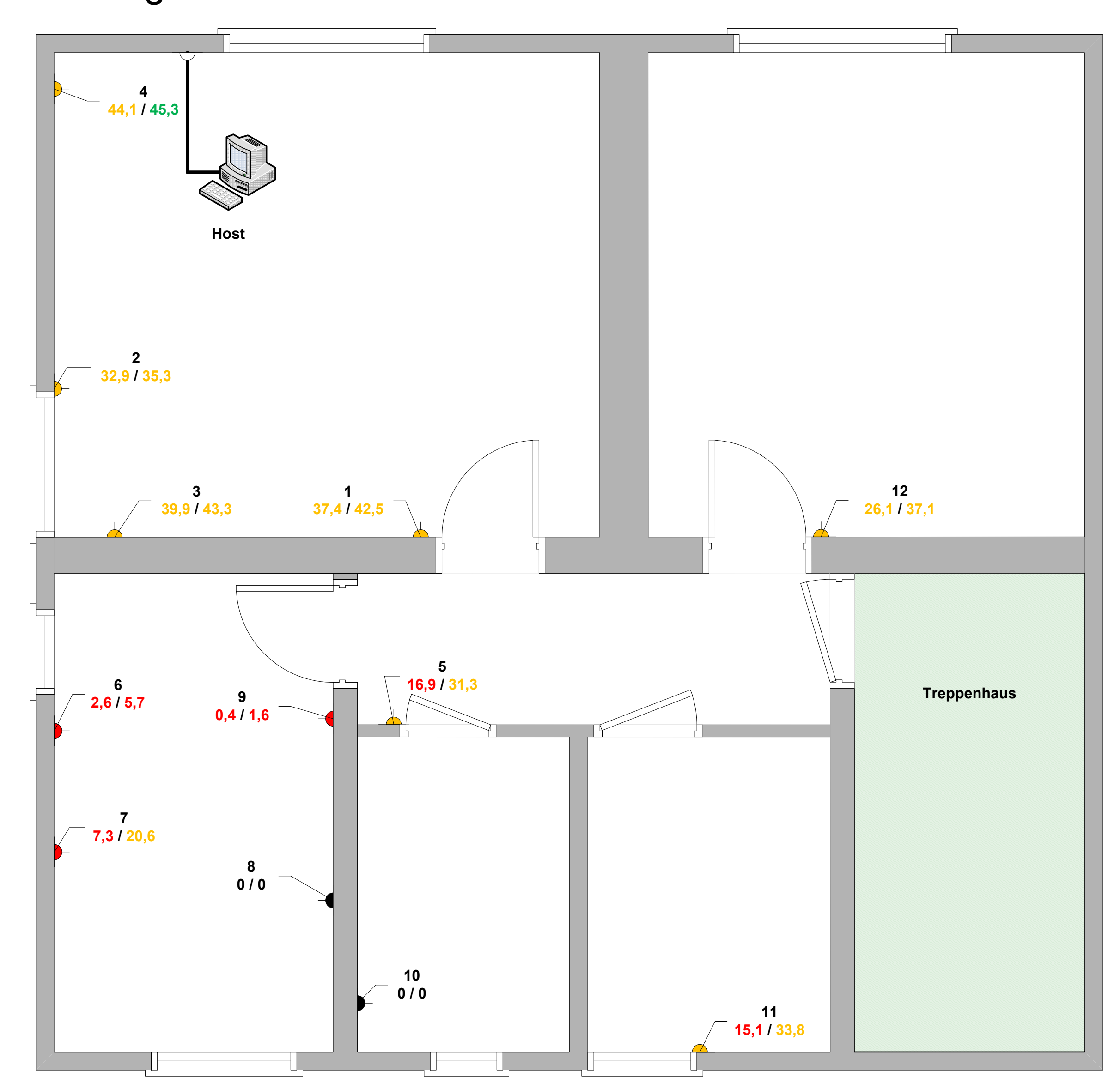



**Abb. 12:** Test 1: Panasonic 1.Etage

# 2. Etage Panasonic

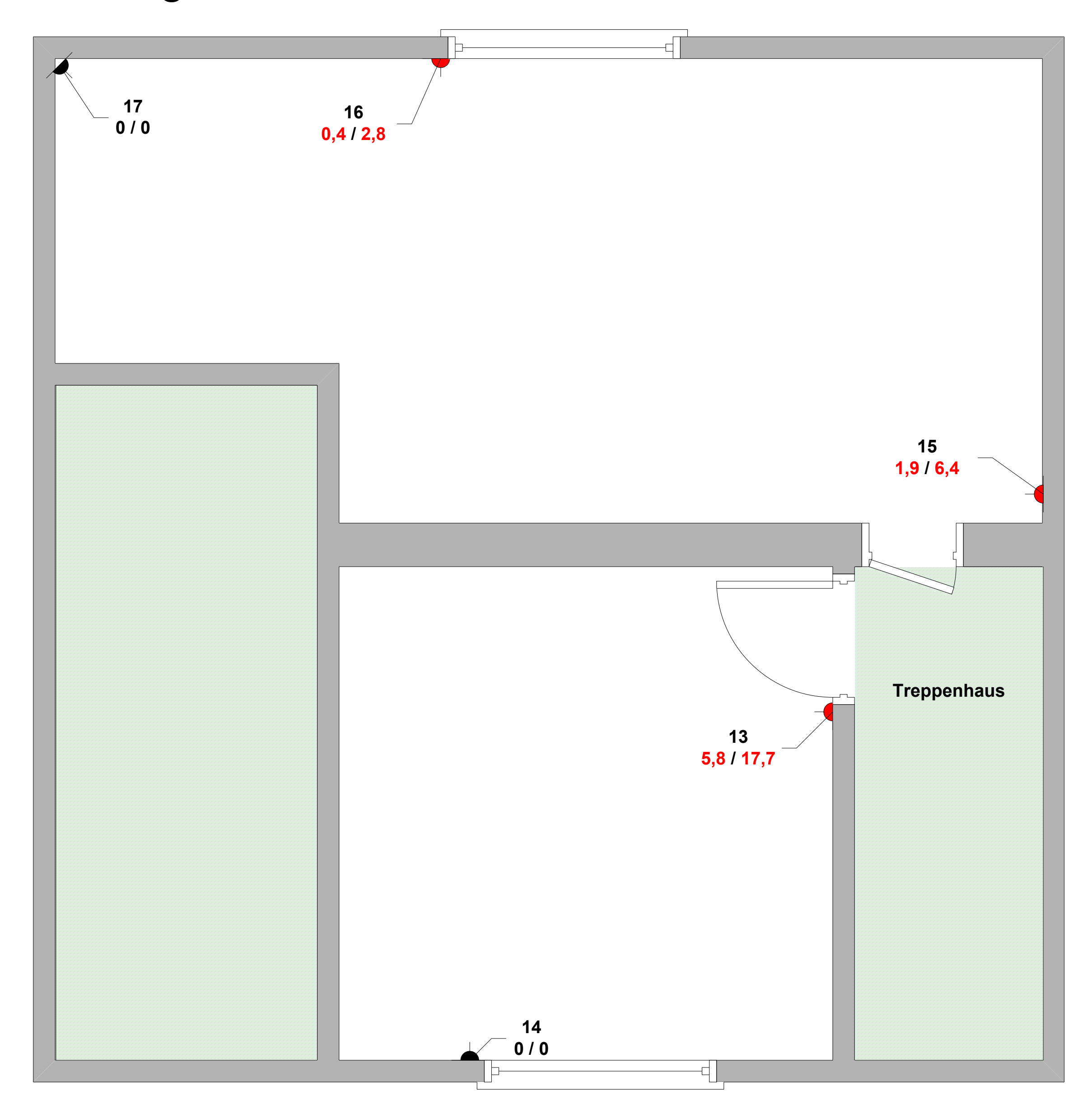



**Abb. 13:** Test 1: Panasonic 2.Etage

### 6.3.3 Auswertung

Tabelle 2: Spannweiten des Traffics (Inbound und Outbound)

| | Etage 1 | Etage 2 |
|---|---|---|
| **Netgear** | 10,1 – 61,9 Mbit/s | 3,5 – 18,7 Mbit/s |
| **Devolo** | 17,0 – 61,2 Mbit/s | 13,5 - 40,8 Mbit/s |
| **Panasonic** | 0 - 45,3 Mbit/s | 0-17,7 Mbit/s |

Bis auf einige Ausfälle der Panasonic-Adapter kann die Übertragungsgeschwindigkeit bei einer 1zu1-Verbindung für einen schnellen Datentransport als ausreichend eingestuft werden.

Bei herkömmlicher Ethernet-Verkabelung sollte die Übertragungsgeschwindigkeit von Inbound und Outbound nahezu gleich sein. Im Test war die Geschwindigkeit des Outbound-Traffics allerdings fast immer größer als die des Inbound-Traffics.
Kleinster Inbound-Traffic im Verhältnis zum Outbound-Traffic in Prozent:
Netgear 44% des Outbounds
Devolo 37% des Outbounds
Panasonic 14% des Outbounds

Diese Differenz lässt sich durch die interne Arbeitsweise der Powerline-Adapter erklären, dass dem *Master*-Adapter (Adapter des Servers) vorrangig eine größere Übertragungsgeschwindigkeit im Vergleich zum *Terminal*-Adapter zugewiesen wird (siehe Abschnitt 4.2 Intelligente Geschwindigkeitszuweisung).

## 6.4 Test 2: Getrennte Netzwerke (herstellerintern)

### 6.4.1 Vorbereitung

Um Daten vor unerlaubten Zugriff zu schützen, bietet es sich an, mehrere, voneinander getrennte Netzwerke einzurichten, zu denen nur ausgewählte PCs Zugang erhalten.
Jeder Hersteller bietet ein Verfahren an, um mehrere, voneinander unabhängige Netzwerke einzurichten. Hierzu werden 4 Adapter des gleichen Herstellers mit 4 PCs an das Stromnetz angeschlossen.

Jeweils 2 PCs stellen ein eigenes Netzwerk dar und können untereinander kommunizieren, allerdings ist keine Kommunikation mit den anderen beiden PCs möglich. Die Adapter befinden sich physikalisch im selben Stromnetz, werden aber logisch voneinander getrennt.

**Abb. 14:** Getrennte Netzwerke

### 6.4.2 Netgear HDX101 Powerline HD Netzwerkadapter

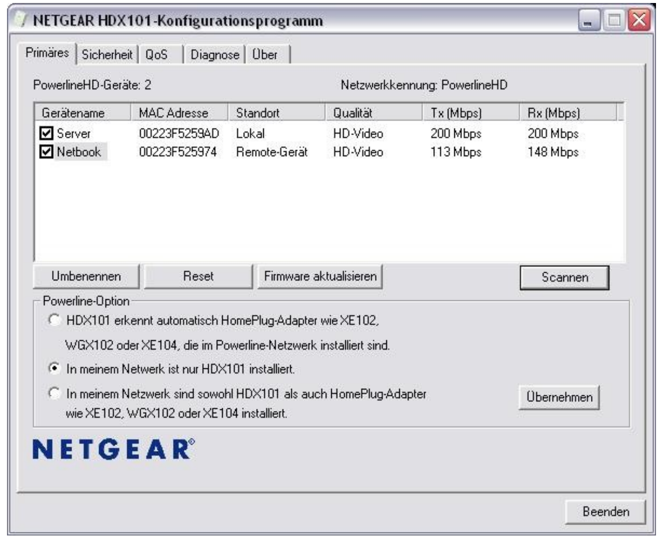



**Abb. 15:** Netgear HDX101-Konfigurationsprogramm

Netgear liefert zum Adapter ein Konfigurationsprogramm, mit dem sich neben der Priorisierung der Datensignale auch getrennte Netze einrichten lassen. Über eine Benutzeroberfläche lassen sich hiermit alle Netgear-Adapter, die an das Stromnetz angeschlossen sind, konfigurieren.

Der direkt an den PC angeschlossene Adapter wird sofort erkannt, anschließend wird das Stromnetz nach anderen Adaptern durchsucht. Alle Adapter werden anhand ihrer MAC-Adresse identifiziert und angezeigt.

Im Anschluss lässt sich die standartmäßige Netzwerkkennung der einzelnen Adapter verändern, um verschiedene getrennte Netzwerke zu erstellen. Jeder Adapter, der nicht die richtige Netzwerkkennung verwendet, besitzt keinen Zugriff zum Netzwerk und kann nicht mit den PCs des Netzwerkes kommunizieren.

### 6.4.3 Devolo dLAN 200 AVpro2

Devolo bietet zur Konfiguration 2 Programme an.

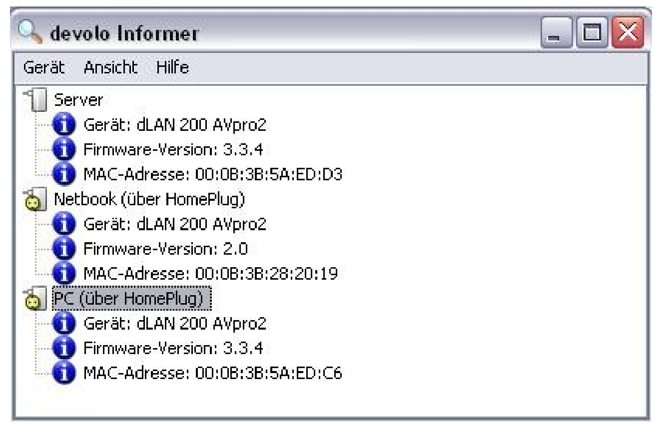



**Abb. 16:** Devolo Informer

Der „Devolo Informer“ gibt Auskunft über alle angeschlossenen Adapter im Netzwerk. Hier werden alle Adapter angezeigt, die die gleiche Netzwerkkennung wie der direkt an den PC angeschlossene Adapter besitzen.

Mithilfe des „dLAN Konfigurationsassistenten“ können dem direkt an den PC angeschlossenen Adapter und weiteren Adaptern Netzwerkkennwörter zugewiesen werden, um getrennte Netzwerke zu erstellen.




**Abb. 17:** dLAN-Konfigurationsassistent

Um Adaptern im Netzwerk eine neue Netzwerkkennung zuzuweisen, muss eine 16-stellige Security-ID, die bei jedem Adapter einzigartig und auf dem Boden des Adapters angebracht ist, manuell in die Software eingegeben werden. Hierbei ist es unerheblich, welche Netzwerkkennung die Adapter vorher besaßen, solange sie zum Zeitpunkt der Umstellung an das Stromnetz angeschlossen sind.

### 6.4.4 Panasonic BL-PA 100

Bei Panasonic funktioniert die Zuweisung der Adapter zu getrennten Netzen völlig ohne Software. Über einen Schalter an jedem Adapter wird jeweils ein Adapter zum Master und einer (oder mehrere) zum Terminal deklariert.
Die Zuweisung, welcher Terminal welchem Master untergeordnet ist, erfolgt per Knopfdruck. Ein Druck auf den Setup-Knopf des Masters lässt die Diode „PLC“ 5 Sekunden lang blinken. Innerhalb dieser Zeit muss der Setup-Knopf des Terminals gedrückt werden, dessen „PLC“-Diode daraufhin ebenfalls blinkt. Das Blinken zeigt an, das der Adapter in dieser Zeit nach anderen Adaptern sucht.
Leuchtet die „PLC“-Diode durchgehend, ist die Zuweisung abgeschlossen.

### 6.4.5 Auswertung

Bei allen 3 Herstellern war die Einrichtung von 2 getrennten Netzwerken erfolgreich, die jeweils keinen netzübergreifenden Kontakt besaßen.
Geprüft wurde dies zum Einen durch den Versand von Pings, anschließend wurde das Netz mithilfe der Sniffer-Software Wireshark überprüft. Hier wurde nachgewiesen, dass keine Datenpakete netzübergreifend empfangen werden konnten.

Bei allen Adaptern blieb die Zuweisung zu den Netzwerken bestehen, selbst wenn sie vom Netz getrennt wurden.

## 6.5 Test 3: Koexistente Netzwerke unterschiedlicher Hersteller (herstellerintern)

### 6.5.1 Vorbereitung

In diesem Test sollte ermittelt werden, ob die Adapter der unterschiedlichen Hersteller sich gegenseitig mit Störsignalen beeinflussen oder weiterhin untereinander kommunizieren können (Koexistenz). Hierzu wurden die Adapterpaare zweier unterschiedlicher Hersteller gleichzeitig an das Stromnetz angeschlossen. Während der Durchsatzmessung mit JPerf befand sich das andere Adapterpaar im Leerlauf, d.h. nur das gemessene Adapterpaar wird mit Nutzdaten belastet.

### 6.5.2 Auswertung

Die Koexistenz war in allen Kombinationen gegeben, wenn auch Geschwindigkeitseinbußen zwischen -2,7 Mbit/s und -22,2 Mbit/s auftraten. Die beste Koexistenz gab es zwischen Devolo und Panasonic, bei dem Devolo lediglich 2,7 Mbit/s und Panasonic nur 1,1 Mbit/s gegenüber dem Einzelbetrieb einbüßen mussten. Netgear erschwerte hingegen die Koexistenz mit anderen Adaptertypen und senkte die Übertragungsrate in der schlimmsten Kombination (mit Panasonic) um 22,2 Mbit/s.

## 6.6 Test 4: Kompatibilität mit Adaptern anderer Hersteller

Sowohl die Software von Devolo, als auch jene von Netgear, erkannte stets nur die eigenen Adapter. Adapter anderer Hersteller wurden nicht erkannt.

Gründe für die Inkompatibilität:

1. Jeder Hersteller der getesteten Geräte verwendet einen anderen Powerline-Standard, der von keinem der anderen Hersteller unterstützt wird. Auch die Software ist speziell auf die Adapter des Herstellers zugeschnitten.
2. Schon zu Beginn der Einrichtung ist ein virtuelles Netzwerk vorhanden, denn standardmäßig besitzen die Adapter eine Netzwerkkennung (Netgear:„PowerlineHD“, Devolo: „HomeplugAV“). Somit durchsucht das Programm das Stromnetz nach Adaptern, die die gleiche Netzwerkkennung besitzen wie der direkt an den PC angeschlossene Adapter. Da die Adapter der anderen Hersteller nicht dieselbe Standard-Netzwerkkennung besitzen, werden sie nicht erkannt. Jedoch blieb auch eine Anpassung der Netzwerkkennung ohne Erfolg.

Da die Adapter von Panasonic keine Software besitzen, kann die Netzwerkkennung nicht ermittelt und nicht an die der anderen Hersteller angepasst werden.

**Auswertung**

Es konnte bei keinem der getesteten Geräte eine Verbindung mit einem herstellerfremden Adapter hergestellt werden.

Dies wurde durch den Versand von Pings überprüft. Auch eine anschließende Kontrolle mithilfe von Wireshark ergab, dass keine Datenpakete der anderen Hersteller empfangen werden konnten.

## 6.7 Weitere Ergebnisse der Praktischen Tests

### 6.7.1 Favorisierter Powerline-Hersteller

Unter den drei getesteten Adaptertypen kristallisierte sich der dLAN 200 AVpro2-Adapter der Firma Devolo als Favorit heraus, da er einen guten Inbound/Outbound-Traffic bot, und sogar etagenübergreifend durchaus akzeptable Ergebnisse lieferte.
Mit einer Spanne von 13,5 bis 61,2 Mbit/s liefert Devolo gute Powerline-Adapter, die sich laut Hersteller auch für die Einrichtung großer Netzwerke eignen.
Zudem ließen sich getrennte Netze mit den geringsten Geschwindigkeitseinbußen einrichten. Bei der Zuweisung einer neuen Netzkennung ist positiv hervorzuheben, dass dies nur mit Hilfe der Security ID erfolgen kann, die nur manuell eingegeben werden kann. Die Sicherheit kann somit als hoch eingestuft werden, da eine dritte Person die Security-IDs aller Adapter benötigt, um sich unerlaubt in das Netzwerk einzuklinken.
Im Vergleich zu Panasonic liefert Devolo die Powerline-Adapter inklusive Ethernet-Kabel und gewährleistet somit eine schnelle Einrichtung des Netzwerkes, da alle benötigten Komponenten mitgeliefert werden.
Während die Kontaktaufnahme mit den Herstellern der anderen Adapter schwer bis gar nicht möglich war, war der Support-Service von Devolo stets einwandfrei.
E-Mails wurden kurz und informativ innerhalb von wenigen Tagen beantwortet und auch die Service-Hotline erwies sich als kompetent bei kurzen Wartezeiten.

### 6.7.2 Faktoren für Geschwindigkeitseinbußen

**Störeinflüsse durch andere Geräte im Stromnetz**

Die Übertragungsgeschwindigkeit sinkt, wenn andere Geräte das Stromnetz belasten.
Wurde beispielsweise die Ladestation einer elektrische Zahnbürste direkt neben einem Powerline-Adapter an das Stromnetz angeschlossen, hatte das Auswirkungen auf die Übertragungsgeschwindigkeit.
So sank bei den Netgear-Adaptern der Inbound von 10,0 Mbit/s auf 6,68 Mbit/s ab.
Outbound war ein Abfall von 26,0 Mbit/s auf 12,6 Mbit/s feststellbar.

Sporadisch war es nicht möglich, eine Verbindung herzustellen. Ursache hierfür waren vermutlich weitreichende, starke Belastungen des Stromnetzes, die allerdings nicht lokalisiert werden konnten.

**Anzahl der Adapter/ Netze**

Zwar ist die Übertragungsgeschwindigkeit abhängig von der Anzahl der Adapter im Stromnetz, jedoch senkt auch das Erstellen von getrennten Netzen die Übertragungsgeschwindigkeit.

# 7 Elektromagnetische Verträglichkeit

Die elektromagnetische Verträglichkeit, kurz EMV, ist definiert als die Eigenschaft eines Betriebsmittels (Gerät) keine elektromagnetischen Störungen zu verursachen und gleichzeitig unempfindlich gegenüber elektromagnetischen Störungen zu sein.

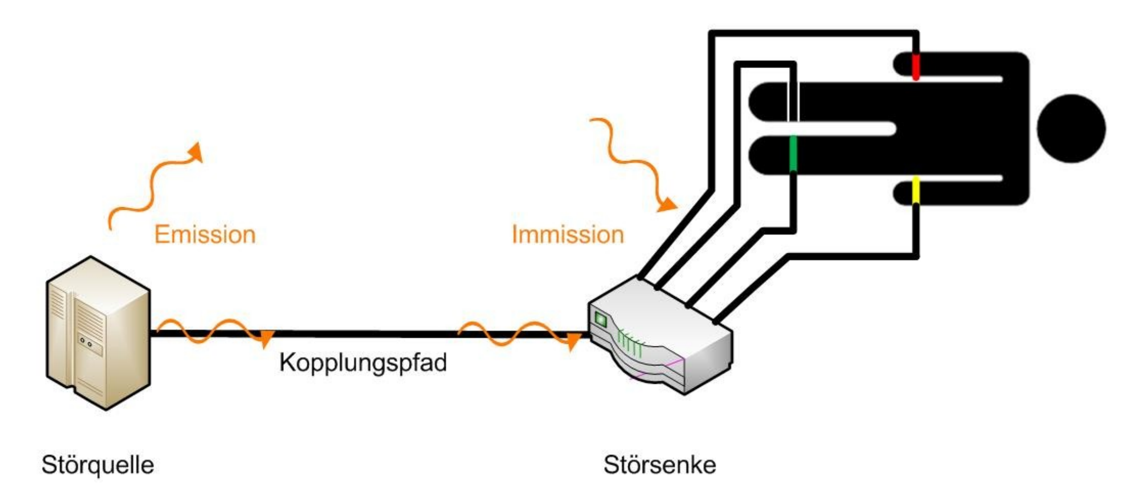



**Abb. 18:** Elektromagnetische Verträglichkeit

Ein Gerät, das Störungen aussendet, wird als Störquelle bezeichnet. Es strahlt Störungen zum Einen über die angeschlossenen Leitungen (leitungsgebundene Emission) und zum Anderen über den Raum ab.

Ein Gerät, bei dem eine Strahlungsaufnahme (Immission), egal ob leitungsgebunden oder über den Raum, stattfindet, wird als Störsenke bezeichnet.

Der Weg zwischen Quelle und Senke wird als Kopplungspfad bezeichnet.

Im Bereich der Medizin kommt der Elektromagnetischen Verträglichkeit eine besonders hohe Bedeutung zu, da es lebensgefährlich sein kann, wenn ein medizinisches Gerät durch elektromagnetische Störungen am einwandfreien Betrieb gehindert wird.
Ein EKG-Gerät verarbeitet beispielsweise sehr geringe Spannungen im Bereich von 1 mV, die schon durch kleinste Störpegel beeinflusst werden können. In diesem Falle wäre eine Fehldiagnose noch viel dramatischer als ein völliger Funktionsausfall.
Powerline-Geräte versenden hochfrequente Signale über das gesamte Stromnetz, wodurch alle elektrischen Leitungen sowie das Netzkabel des Adapters unfreiwillig zur Antenne werden und einen Teil ihres Signals über den Raum abstrahlen.
Diese Strahlung muss so gering sein, dass andere Geräte, insbesondere strahlungssensible Geräte wie EKG-Geräte und Herzschrittmacher nicht davon beeinflusst werden.
Im folgenden Abschnitt werden die Powerline-Adapter auf ihre elektromagnetische Verträglichkeit überprüft.

# 8 Praxistestreihe 2: Medizinische Aspekte

In dieser Testreihe soll das Zusammenspiel zwischen medizinischen Geräten und den Powerline-Adaptern untersucht werden.

## 8.1 Test 1: Beeinflussung von EKG-Geräten durch Powerline

**Verwendete Testutensilien**

PC (siehe Praxistestreihe 1)
Netbook (siehe Praxistestreihe 1)
2 Devolo dLAN 200AV-Adapter
Marquette Hellige Micro Smart EKG
Patientensimulator Phantom 320

**Vorbereitung**

Es wird eine Powerline-Verbindung zwischen einem PC und einem Netbook hergestellt, während im selben Stromnetz ein EKG-Gerät angeschlossen ist.

Um eine hohe Abstrahlung herzustellen, wird die Powerline-Verbindung möglichst stark belastet. Hierzu wird eine Datei von 158 Mb vom PC zum Netbook gesendet. Die Elektrodenleitungen des EKG-Gerätes werden um die ausgebreiteten Netzkabel der Powerline-Adapter gewickelt, um Abstrahlungen seitens der Netzkabel möglichst ungedämpft aufnehmen zu können.

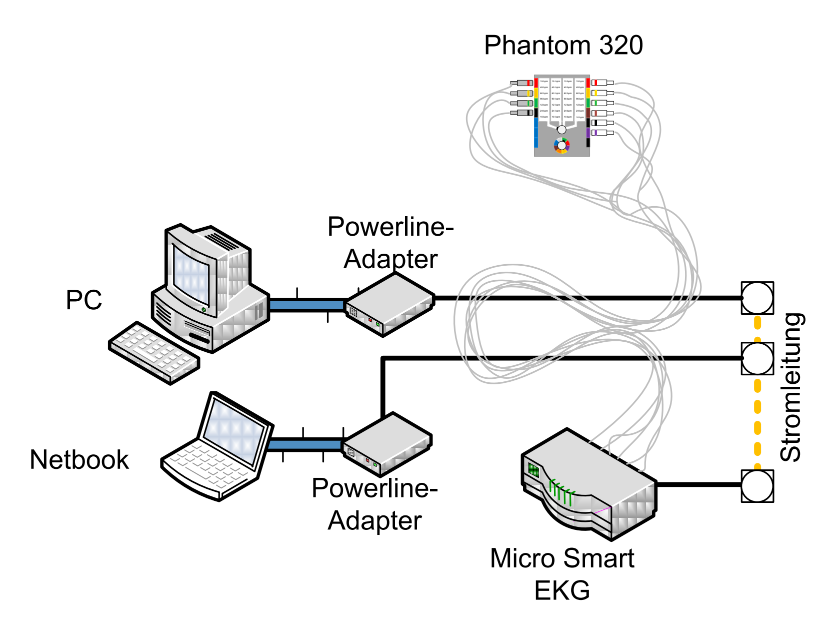



**Abb. 18:** Test 1: Messaufbau

An die EKG-Elektroden wird ein Patientensimulator angeschlossen, der in zwei Modi betrieben wird:

1. Ausgeschalteter Zustand
2. Herzfrequenz: 60 bpm

Am EKG-Gerät wurden folgende Einstellungen gewählt:

Papiervorschub: 25 mm/s
Amplitude: 10 mm/mV
Ableitung: I, II und III (nach Einthoven)
Filter: 50 Hz, 35 Hz

**Ziel des Tests**

Die von den Powerline-Adaptern erzeugten Frequenzen dürfen keinen Einfluss auf die Aufnahme des Elektrokardiogramms haben. Weder durch leitungsgebundene

Immission, noch durch die von den Patientenleitungen über den Raum aufgenommenen Störungen dürfen sich auf die Messung auswirken.

**Auswertung**

Sowohl bei ausgeschaltetem Patientensimulator, als auch bei eingestellten 60 bpm ließen sich keine Artefakte registrieren. Eine Beeinflussung der Kurve durch Powerline-Abstrahlung konnte nicht festgestellt werden.

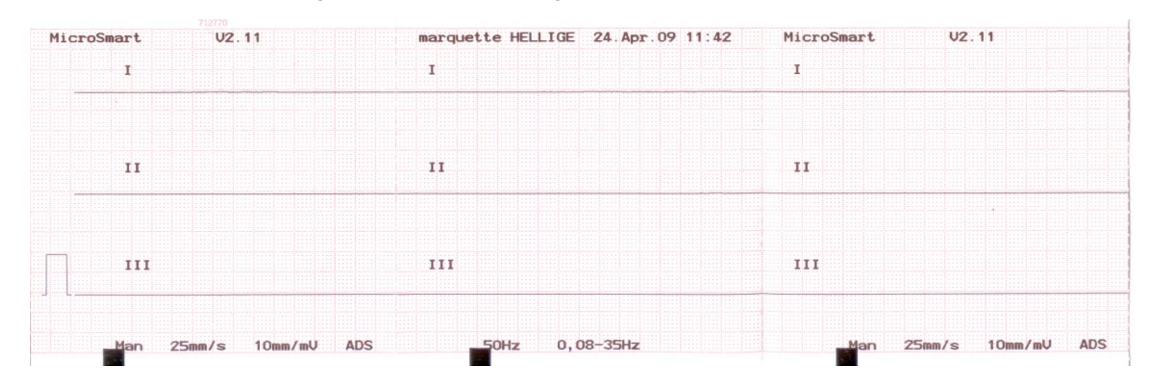



**Abb. 19:** Test 1: Ausdruck EKG: Phantom im ausgeschalteten Zustand

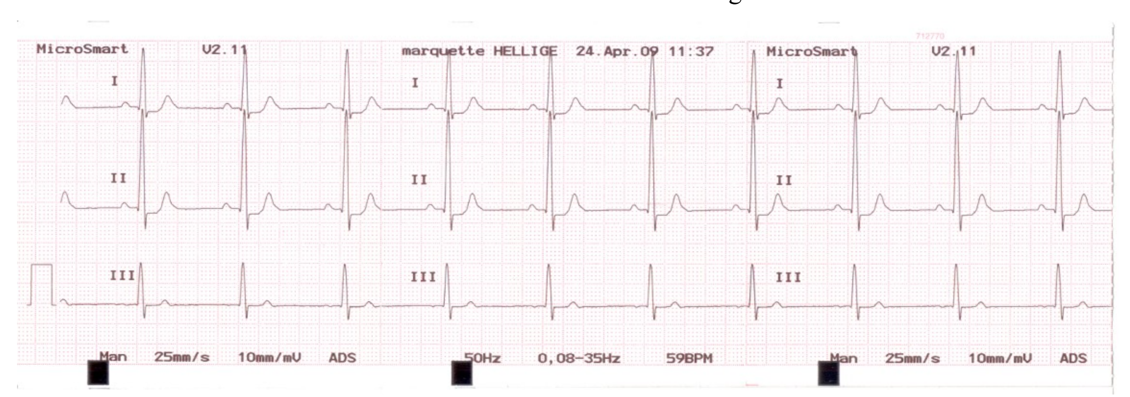



**Abb. 20:** Test 1: Ausdruck EKG: Phantom bei 60 bpm

Anmerkung:

Aufgrund der defizitären Messumgebung sind die hier angegebenen Ergebnisse nicht als repräsentativ anzusehen. Metallene Gegenstände im Testraum absorbieren einen Teil der Abstrahlung über den Raum und die leitungsgebundene Abstrahlung breitet sich ebenfalls über das weitläufige Netz aus.

## 8.2 Test 2: Beeinflussung von Powerline-Adaptern durch HF-Chirurgiegeräte

Wie schon bei der Durchsatzprüfung ermittelt wurde, reagieren Powerline-Adapter empfindlich auf andere Geräte, die das Stromnetz nutzen. Hochfrequenz-

Chirurgiegeräte stellen eine enorme Störquelle dar, da sie Hochfrequente Ströme erzeugen, die auch über die Netzleitung emittieren.
Im Folgenden soll getestet werden, ob sich Powerline-Adapter von Hochfrequenz-Chirurgiegeräten in ihrer Funktion beeinträchtigen lassen.

**Verwendete Testutensilien**
PC (siehe Praxistestreihe 1)
Netbook (siehe Praxistestreihe 1)
2 Devolo dLAN 200AVpro2-Adapter
HF-Chirurgiegerät Erbe Erbotom ICC 50
HF-Chirurgiegerät Erbe Erbotom ICC 400
Lastwiderstand (11 Ω 7,5 A)

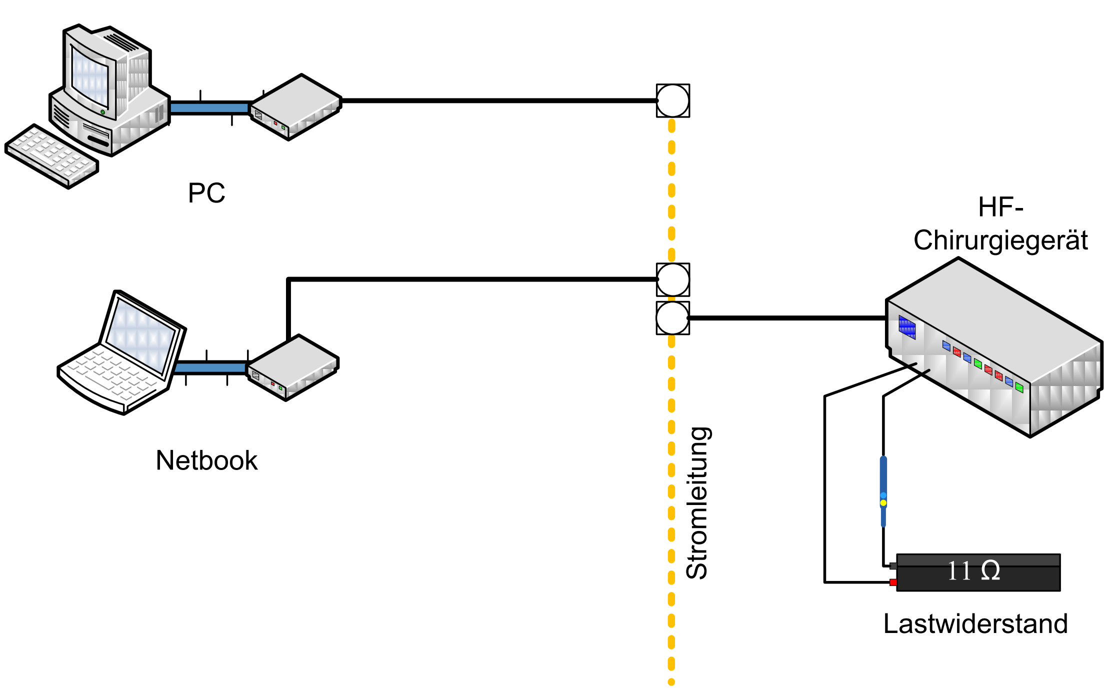



**Abb. 21:** Test 2: Testaufbau

Es wird ein Netzwerk zwischen einem PC und einem Netbook über 2 Devolo-Powerline-Adapter hergestellt. Die netzseitige Übertragungsstrecke wird möglichst kurz gehalten, die Ausgangsgeschwindigkeit ohne Störungen beträgt ca. 65 Mbit/s. Zum Überprüfen von Geschwindigkeitseinbrüchen wird das Programm JPerf bei bekannten Einstellungen im Dauerbetrieb verwendet.
Direkt neben der Steckdose des einen Adapters wird das HF-Chirurgiegerät ans Stromnetz angeschlossen eingeschaltet und die Schneide-Funktion ausgeführt. Als

Ersatz für einen Patienten wird ein Lastwiderstand mit der aktiven Elektrode und dem Anschluss für die Neutralelektrode verbunden.
Dieser Test wird zwei Mal durchgeführt, einmal für das ICC 50 und einmal für das ICC 400.

**Auswertung**

*ICC 50*

Beim Erbe ICC 50 lässt sich die maximale Leistung von 1-50 Watt regulieren.
Weder bei minimaler Leistung, noch bei maximaler Leistung ließen sich Beeinflussungen der Übertragungsgeschwindigkeit der Powerline-Verbindung feststellen, die Bandbreite war annähernd konstant und blieb bei ca. 65 Mbit/s.

*ICC 400*

Beim Erbe ICC 400 lässt sich sowohl der Koagulationsgrad in Stufen von 0 – 10 regulieren, als auch die Leistung in Stufen von 0 – 10 einstellen.
Das Erbe ICC 400 weist eine deutlich höhere Leistung auf, als das ICC 50, wodurch auch höhere Störungen im Stromnetz auftreten. Eine Messung mit einem Oszilloskop ergab, dass das Erbe ICC 400 Netzrückwirkungen von 800 kHz erzeugt, wobei die Amplitude je nach Einstellung zwischen 2 und 15 Volt liegt.

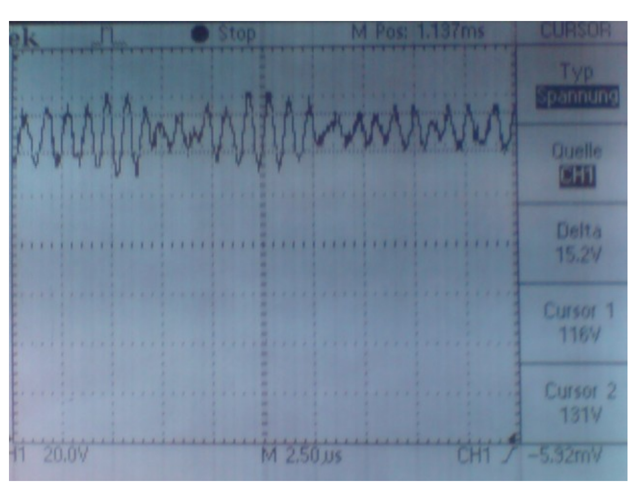



**Abb. 22:** Netzrückwirkung des Erbe ICC 400

Die Powerline-Verbindung wurde bei unterschiedlichen Einstellungen am HF-Chirurgiegerät unterschiedlich stark beeinflusst.
Es ließ sich allerdings kein eindeutiger Zusammenhang zwischen Leistung, Koagulationsgrad und Absinken der Geschwindigkeit feststellen.
Wurde beispielsweise bei einer Einstellung des ICC 400 die Powerline-Verbindung noch kaum gestört, führte ein erneutes Auslösen der Schneidefunktion zum völligen Verbindungsabbruch.

Generell wurde beobachtet, dass die Powerline-Geräte sich mit der Zeit auf verschiedene Einstellungen am HF-Chirurgiegerät einstellen können, allerdings empfindlich auf Änderungen reagieren. Diese Empfindlichkeit reicht von einem Einbruch der Übertragungsbandbreite bis zum völligen Zusammenbruch der Verbindung.
Es wurden bei jeder Einstellung unterschiedliche, nicht reproduzierbare Ergebnisse erzielt. Abschließend ist jedoch zu sagen, dass die Kombination: Koagulationsgrad 5, Leistungsstufe 5 die stärksten Auswirkungen auf die Powerline-Verbindung besitzt, da hier nahezu immer die Übertragungsgeschwindigkeit auf 0 Mbit/s sank.

Diese nur sporadische Beeinflussung ist auf die Funktionsweise der OFD-Modulation zurückzuführen. Die Powerline-Adapter wählen diejenigen Kanäle aus, die am wenigsten störbehaftet sind. Werden nun die Einstellungen am HF-Chirurgiegerät verändert, werden unter Umständen gerade benutzte Kanäle gestört und die Übertragungsgeschwindigkeit sinkt stark ab. Findet die Störung auf gerade unbenutzten Kanälen statt, ist die Beeinflussung der Geschwindigkeit nur minimal.

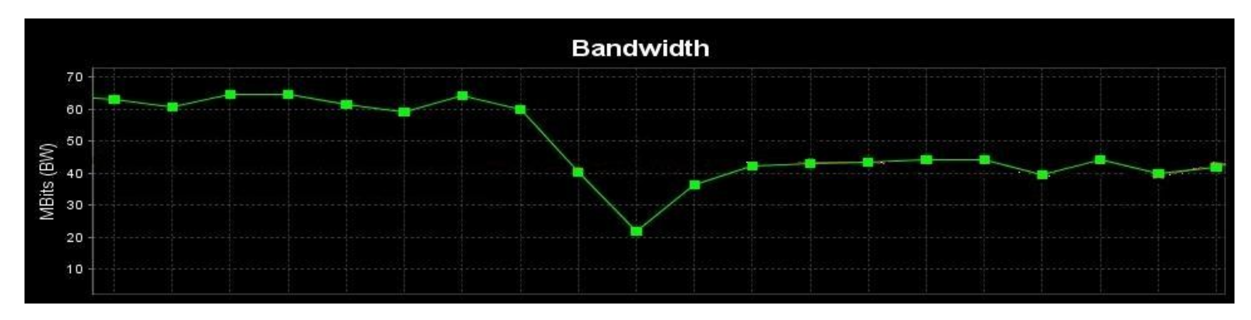



**Abb. 23:** Test 2: Einschaltmoment des Erbe ICC 400

Mit JPerf ist die Arbeitsweise der OFD-Modulation gut erkennbar. Beim Einschalten des HF-Chirurgiegerätes sinkt die Übertragungsgeschwindigkeit ruckartig ab. Die Powerline-Adapter blenden die gestörten Kanäle aus und verlagern ihre Übertragung auf andere Frequenzkanäle, wodurch die Geschwindigkeit wieder ansteigt und sich in einem bestimmten Bereich stabilisiert. Je mehr Frequenzkanäle störungsbehaftet sind, desto geringer ist demnach die Übertragungsgeschwindigkeit.

Abschließend kann gesagt werden, dass die Powerline-Verbindung bei Benutzung des Erbe ICC 400 gestört wird, die Stärke der Beeinflussung kann jedoch variieren. Es

wird empfohlen, das ICC 400 möglichst weit von den Powerline-Adaptern entfernt an das Stromnetz anzuschließen.

# 9 Elektrische Sicherheit

Nach DIN EN 60601-1-1 wird eine Patientenumgebung folgendermaßen beschrieben: In einem Bereich von 1,5 Metern um den Patienten müssen Medizinprodukte und Nicht-Medizinprodukte die gleichen Anforderung hinsichtlich der Ableitströme erfüllen. Da der Powerline-Adapter mit großer Wahrscheinlichkeit einen höheren Gehäuseableitstrom besitzt als das Medizinprodukt, würde sich dadurch der Gesamtgehäuseableitstrom vergrößern und die geforderten Grenzwerte übersteigen.

Um dies zu verhindern wird ein zusätzlicher Potentialausgleich (ZPA) an das Medizinprodukt angeschlossen, der mit dem PE-Leiter verbunden ist, um Potentialdifferenzen zwischen dem medizinischen Gerät und dem nichtmedizinischen Gerät zu verhindern.

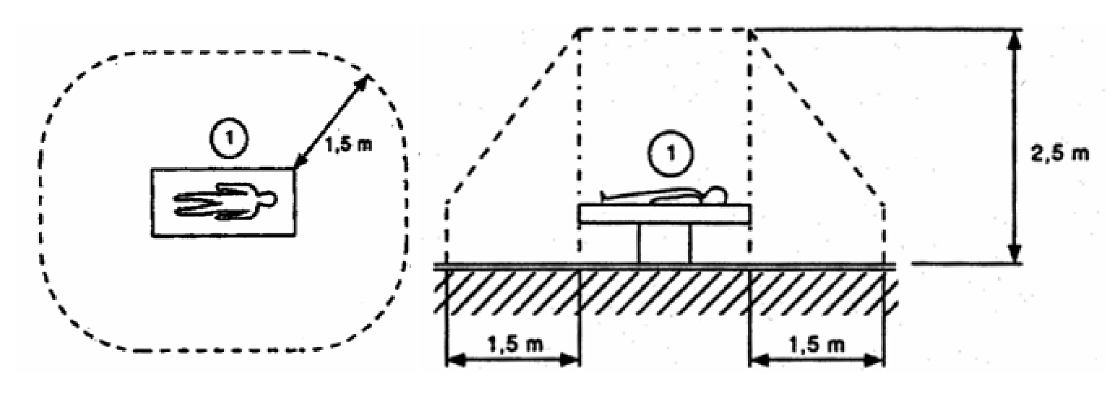



**Abb. 24:** Patientenumgebung

Weiter besagt die DIN EN 60601-1-1, dass alle elektrischen Verbindungen von Geräten innerhalb der Patientenumgebung nach außen eine galvanische Trennung besitzen müssen, um den Patienten zu schützen. Auf der Netzseite erfolgt dies über einen Trenntransformator, jedoch reicht dies nicht aus.
Auch alle Datenschnittstellen müssen von der Netzspannung abgekoppelt werden. Daher wird über alle Input/Output-Schnittstellen eines Gerätes ebenfalls eine galvanische Trennung durchgeführt.
Eine mögliche Lösung ist es, hier erneut einen Trenntransformator einzusetzen.

So wird das Netzkabel des Powerline-Adapters an den Trenntransformator angeschlossen und die Ethernetleitung mit dem Gerät innerhalb der Patientenumgebung verbunden.

Eine andere Möglichkeit ist die galvanische Trennung auf der Netzwerkseite des Powerline-Adapters. Hierzu wird ein Medical Isolator verwendet, wie beispielsweise der *MI 1005* der Firma Baaske-Datentechnik. Dieser Isolator besitzt an beiden Seiten eine RJ45-Buchse und funktioniert nach dem Prinzip der elektromagnetischen Induktion.  Er besitzt eine Spannungsfestigkeit von 5kV und beeinflusst die Übertragungsgeschwindigkeit nahezu gar nicht.




**Abb. 25:** Medical Isolator *MI 1005* von Baaske

**Beispiel für die Anwendung der elektrischen Sicherheit**

Ein leitender Arzt soll von seinem Sprechzimmer per PC auf die Untersuchungsergebnisse des EKG-Diagnoseraums und des Ultraschallraumes zugreifen können.

Die medizinischen Geräte, der EKG-Messplatz und das Ultraschallgerät müssen nun galvanisch vom Netz getrennt werden und mit einem zusätzlichen Potentialausgleichsleiter versehen werden, da sie sich innerhalb der Patientenumgebung befinden. Auf der Verbindungsstrecke zwischen Ethernet-Schnittstelle der medizinischen Geräte und den Powerline-Adaptern wird nun jeweils ein Medical Isolator angeschlossen.

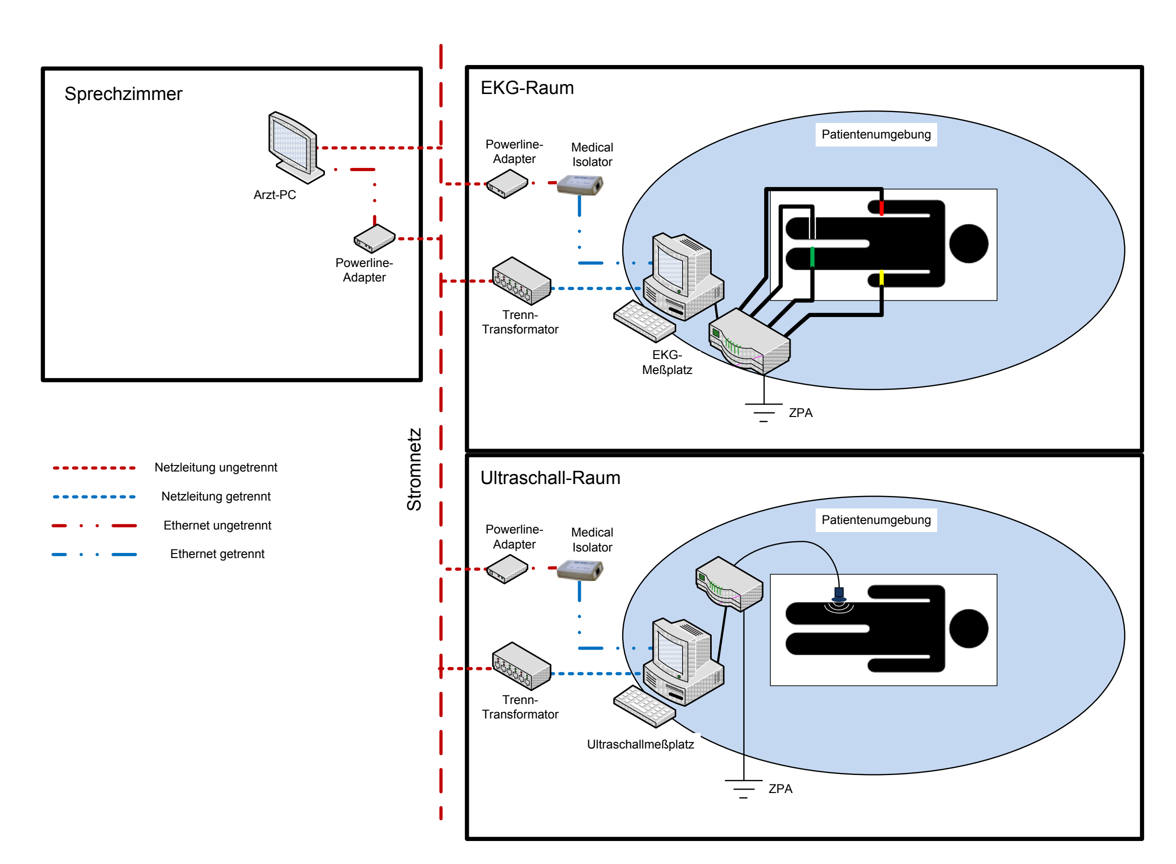



**Abb. 26:** Elektrische Sicherheit

# 10 Risiko-Management

Bei jedem Gerät, das in der Medizin angewendet werden soll, muss eine Risikobewertung durchgeführt werden. Die Vorgaben hierfür werden in der Norm DIN EN ISO 14971: *Anwendung des Risikomanagements auf Medizinprodukte* festgelegt.

Ziele des Risiko-Managements ist die Analyse, Bewertung und Beherrschung des Risikos, welches von einem Betriebsmittel ausgeht, um die Sicherheit von Patienten, Anwendern und Dritten zu gewährleisten.

Der erste Teil befasst sich mit den Informationen, die der Hersteller in der Gebrauchsanweisung aufführt.

Im zweiten Teil werden Risiken und ihre Ursachen behandelt, die nicht vom Hersteller erwähnt wurden.

## 10. 1 Risiko-Analyse Devolo

### 10.1.1 Festlegung des Bestimmungsgemäßen Gebrauchs / Zweckbestimmung

Die hier beschriebenen Angaben sind den Herstellerinformationen entnommen und als Zitat oder sinngemäße Zusammenfassung dargestellt.

**Produktbeschreibung**

„Das dLAN 200 AVpro2 ist ein Netzwerkgerät, das bereits verlegte Strom- oder Coax-Kabel zur Datenkommunikation für Anwendungen wie HDTV-Streaming, Internet-Telefonie sowie schnelles Internet nutzt. Nach einer erfolgreichen Installation verhält sich das dLAN-Netzwerk wie ein standardmäßiges LAN. Das dLAN 200 AVpro2 unterstützt Geschwindigkeit im Netzwerk bis zu 200 Mbit/s und bietet mit einer leistungsfähigen Verschlüsselung eine maximale Datensicherheit.“[2]

**Beschreibung der Handhabung**

Der dLAN 200 AVpro2-Adapter wird über das beiliegende Netzkabel an das Stromnetz angeschlossen und mithilfe des beiliegenden Ethernet-Kabels mit einem PC verbunden.
Auf der Rückseite muss der Schalter zur Wahl des Übertragungsmediums auf PLC gestellt werden, um das Stromnetz als Übertragungsmedium zu verwenden.
Im Anschluss wird die mitgelieferte Software auf dem PC installiert, mit der sich das Netzwerk überwachen lässt (Devolo Informer-Software) und ein individueller Netzwerkschlüssel vergeben werden kann (dLAN-Konfigurationsassistent).

**Warnungen und Sicherheitshinweise**

- „Das Gerät darf nicht geöffnet werden. Es befinden sich keine durch den Anwender zu wartenden Teile im Inneren des Geräts.
- Verwenden Sie das Gerät ausschließlich an einem trockenen Standort.
- Verwenden Sie zum Anschluss des Gerätes immer das beiliegende Netzwerkkabel.
- Stecken Sie keine Gegenstände in die Öffnungen des Geräts.
- Um das Gerät vom Stromnetz zu trennen, ziehen Sie den Netzstecker.
- Setzen Sie das Gerät nicht direkter Sonneneinstrahlung aus.

[2] Devolo AG, 2007 (s. Zitatverzeichnis Nr. 2)

- Schlitze und Öffnungen am Gehäuse dienen der Belüftung und dürfen weder verstopft noch abgedeckt werden.
- Das Gerät darf nicht in direkter Nähe eines Heizkörpers aufgestellt werden.
- Das Gerät sollte nur an Plätzen aufgestellt werden, welche gemäß der Anweisungen des Herstellers eine ausreichende Belüftung gewähren.
- Vor der Reinigung trennen Sie das Gerät vom Stromnetz. Verwenden Sie zur Reinigung des Gerätes niemals Wasser, Verdünner, Benzol, Alkohol oder andere scharfe Reinigungsmittel, da dies zu Beschädigungen des Gehäuses führen kann, sondern nur ein feuchtes Tuch.
- Das Gerät sollte ausschließlich an einem Versorgungsnetz betrieben werden, wie auf dem Typenschild beschrieben. Wenn Sie nicht sicher sind, welche Art von Versorgungsnetz Sie zuhause haben, wenden Sie sich an Ihren Händler oder an Ihren zuständigen Energieversorger.
- Wenn das Produkt eine Einrichtung der Klasse A ist, kann es im Wohnbereich Funkstörungen verursachen.“[3] (Anmerkung: Laut CE-Konformität handelt es sich um eine Einrichtung der Klasse A).

**Mitgeliefertes Zubehör**

- dLAN 200 AVpro2
- Netzkabel
- Ethernet-Kabel
- Coax-Kabel
- Coax-Adapter
- gedrucktes Installationsfaltblatt
- CD mit Software und Online-Dokumentation

**Umgebungsbedingungen**

Temperatur

Lagerung: -25°C bis 70°C

Betrieb: 0°C bis 40°C

[3] Devolo AG, 2007 (s. Zitatverzeichnis Nr. 2)

Luftfeuchtigkeit
10-90% Luftfeuchtigkeit (nicht kondensierend)

**Wartungs- und Prüfhinweise**

„Im Schadensfall trennen Sie das Gerät vom Stromnetz und wenden sich an Ihren Kundendienst. Ein Schadensfall liegt vor,

- wenn das Stromkabel oder der Stecker beschädigt ist.
- wenn das Gerät mit Flüssigkeit überschüttet wurde oder Gegenstände in das Gerät hinein geraten sind.
- wenn das Gerät Regen oder Wasser ausgesetzt war.
- wenn das Gerät nicht funktioniert, obwohl alle Bedienungsanweisungen ordnungsgemäß befolgt wurden.
- wenn das Gehäuse des Gerätes beschädigt ist.

Versuchen Sie nicht, das Produkt selbst zu warten, sondern wenden Sie sich für jegliche Wartung ausschließlich an qualifiziertes Fachpersonal! Es besteht Stromschlaggefahr!“[4]

**Sonstige Angaben**

Das Gerät besitzt eine Schutzisolierung und fällt somit in die Schutzklasse II.
Das Gerät ist nicht für die Anwendung im Außenbereich geeignet.
Das Gerät ist CE-konform. Benannte Stelle ist 0682: Cetecom ICT Services GmbH.
Das Gerät entspricht den EMV-Normen EMV 2004/108/EG, EN 55022 Class A, EN 50412 und EN 60950.

### 10.1.2 Identifizierung der Gefahrenursachen

**Gefährdung durch Energien**

Elektrische Energie:
Zwar wird vom Hersteller geraten, nur das beiliegende Netzkabel zu verwenden, allerdings ist die Sicherheit von Patienten, Anwendern und Dritten nicht gefährdet, wenn ein anderes Netzkabel mit Kleingerätestecker nach IEC-603207 verwendet wird, solange dieser nicht beschädigt ist. Gleiches gilt für das verwendete Ethernet-Kabel.

---

[4] Devolo AG, 2007 (s. Zitatverzeichnis Nr. 2)

Das Ethernet-Kabel muss galvanisch vom angeschlossenen Gerät getrennt werden.

Mechanische Energie:
Der Adapter sollte nicht fallen gelassen werden, da dies das dünne Gehäuse beschädigen könnte.

Beim Abziehen des Ethernetkabels muss der Clip nach unten gedrückt werden, bis sich das Kabel leicht entfernen lässt.

Adapter sollten nicht gestapelt werden, wenn sie im Betrieb sind. Durch das Aufeinanderstellen sinkt die ohnehin schlechte Wärmeableitung und die lediglich angeklebten Gummifüße lösen sich ab. Ein rutschfreier, fester Stand kann damit nicht mehr gewährleistet werden.

Das Netzkabel sollte nach Möglichkeit mit Kabelbindern ordnungsgerecht verlegt werden, um einerseits ein Stolpern von Personen, andererseits das Herunterreißen des Gerätes vom Tisch zu vermeiden.

**Gefährdung durch Umwelteinflüsse**
Das Gerät sollte nicht in der Nähe von großen Wärmequellen stehen, da die Geräte im Betrieb hohe Temperaturen erreichen. Eine weitere Erwärmung könnte die Systemkomponenten beschädigen.

Das Gerät sollte vor Flüssigkeiten jeder Art geschützt werden. Die feste Montage an einer hohen Position ist empfehlenswert.

Es wird darauf hingewiesen, dass das Gerät unter Umständen Funkstörungen verursacht. Besonders beim Einsatz im medizinischen Bereich sollte eine genaue Messreihe das Risiko der ausgesandten Störungen feststellen.

**Gefährdung durch falsche Anwendung**
Die Standard-Netzkennung sollte sofort nach dem Anschluss der Adapter geändert werden, um unerlaubten Zugriff zum Netzwerk zu vermeiden.

Das Gerät sollte möglichst weit von anderen Verbrauchern entfernt betrieben werden, um Datenverlust und eine hohe Übertragungsgeschwindigkeit sicherzustellen. Besonders kritisch sind Waschmaschinen, Bohrmaschinen, Computernetzteile oder Hochfrequenz-Chirurgiegeräte.

## 10.2 Risiko-Analyse Netgear

### 10.2.1 Festlegung des Bestimmungsgemäßen Gebrauchs / Zweckbestimmung

Die hier beschriebenen Angaben sind den Herstellerinformationen entnommen und als Zitat oder sinngemäße Zusammenfassung dargestellt.

**Produktbeschreibung**

„Der NETGEAR Powerline HD Netzwerkadapter HDX101 (…) sind die
ideale Lösung zum Anschließen von PCs, digitaler Videorekorder, einer Xbox 360™, PS3™ oder einer anderen Spielkonsole an das Heimnetzwerk.“[5]

**Beschreibung der Handhabung**

Vor Beginn sollte der PC eingeschaltet und ein Netzwerk eingerichtet werden.
Der Netgear HDX101 wird mithilfe des beiliegenden Ethernet-Kabels mit einem PC verbunden. Im Anschluss wird der Adapter in die Steckdose gesteckt, eine blaue LED beginnt zu leuchten und kennzeichnet die Stromversorgung. Dieser Vorgang wird für jeden weiteren Adapter wiederholt.

**Warnungen und Sicherheitshinweise**

- „Schließen Sie den HDX101 nicht an eine Steckerleiste, ein Verlängerungskabel oder einen Überspannungsschutz an, da dies seine Funktionstüchtigkeit oder die Leistungsfähigkeit des Netzwerkes beeinträchtigen könnte.“[6]
- „Achten Sie darauf, dass die Steckdose keinen Ausschalter hat. Andernfalls könnte jemand durch Ausschalten der Steckdose versehentlich die Datenübertragung unterbrechen.“[7]

[5] Netgear Inc., 2004 (s. Zitatverzeichnis Nr. 3)
[6] Netgear Inc., 2006 (s. Zitatverzeichnis Nr. 4)
[7] Netgear Inc., 2006 (s. Zitatverzeichnis Nr. 4)

**Mitgeliefertes Zubehör**

- Powerline HD Netzwerkadapter HDX101
- Ethernet-Kabel, ca. 1,8m
- Einrichtungs-CD
- Installationsanleitung
- Garantie- und Supportinformationskarte

**Umgebungsbedingungen**

Temperatur

Lagerung: k.A.

Betrieb: 0°C bis 40°C

Luftfeuchtigkeit

10-90% Luftfeuchtigkeit (nicht kondensierend)

**Wartungs- und Prüfhinweise**

Keine

**Sonstige Angaben**

Das Gerät besitzt eine Schutzisolierung und fällt somit in die Schutzklasse II.

Das Gerät ist CE-konform.

Das Gerät entspricht den EMV-Vorgaben der FCC Part 15 Class B.

### 10.2.2 Identifizierung der Gefahrenursachen

**Gefährdung durch Energien**

Elektrische Energie:

Das Ethernet-Kabel muss galvanisch vom angeschlossenen Gerät getrennt werden.

Es dürfen keine spitzen (leitenden) Gegenstände in die Lüftungsschlitze gesteckt werden: Gefahr des Stromschlages!

Mechanische Energie:

Der Adapter sollte nicht fallen gelassen werden, da dies das Gehäuse beschädigen könnte.

Das Ethernet-Kabel sollte nach Möglichkeit mit Kabelbindern ordnungsgerecht verlegt werden, um einerseits ein Stolpern von Personen, andererseits das Herausreißen des Gerätes aus der Steckdose zu vermeiden.

**Gefährdung durch Umwelteinflüsse**

Das Gerät sollte nicht in der Nähe von großen Wärmequellen stehen, da die Geräte im Betrieb hohe Temperaturen erreichen. Eine weitere Erwärmung könnte die Systemkomponenten beschädigen.

Beim Abziehen des Ethernetkabels muss der Clip nach unten gedrückt werden, bis sich das Kabel leicht entfernen lässt.

Das Gerät sollte vor Flüssigkeiten jeder Art geschützt werden. Auch die Reinigung sollte nur mit einem trockenen sauberen Tuch erfolgen.

Da es unwahrscheinlich erscheint, dass das Gerät keinerlei elektromagnetische Störungen erzeugt, sollte das Gerät einem entsprechenden Testverfahren unterzogen werden, das die Abstrahlung ermittelt.

Das Gerät sollte nicht im Freien angewendet werden.

**Gefährdung durch falsche Anwendung**

Die Standard-Netzkennung sollte sofort nach dem Anschluss der Adapter mit Hilfe der mitgelieferten Software geändert werden, um unerlaubten Zugriff zum Netzwerk zu vermeiden.

Eine Gebrauchsanweisung im herkömmlichen Sinne wird nicht mitgeliefert. Auf der beigefügten CD-ROM befindet sich ein entsprechendes Manual nur auf Englisch. Sicherheitshinweise oder Anwendungsrisiken existieren nicht.

Es sollten keine eigenhändigen Wartungen durchgeführt werden.

Das Gerät sollte möglichst weit von anderen Verbrauchern entfernt betrieben werden, um Datenverlust und eine hohe Übertragungsgeschwindigkeit sicherzustellen.

Besonders kritisch sind Waschmaschinen, Bohrmaschinen, Computernetzteile oder Hochfrequenz-Chirurgiegeräte.

## 10.3 Risiko-Analyse Panasonic

### 10.3.1 Festlegung des Bestimmungsgemäßen Gebrauchs / Zweckbestimmung

Die hier beschriebenen Angaben sind den Herstellerinformationen entnommen und als Zitat oder sinngemäße Zusammenfassung dargestellt.

**Produktbeschreibung**

Der Panasonic BL PA 100 ist ein Gerät zum Einrichten eines Netzwerkes via Stromleitung, bei dem die Zuordnung ohne komplizierte Software, sondern nur durch einen Knopfdruck erfolgt. Selbst Anwendungen, die eine hohe Datendurchsatzrate benötigen, wie High-Definition-Video, Musikwiedergabe oder Voice-over-IP-Telefondienste können mit diesem Adapter bewältigt werden.

**Beschreibung der Handhabung**

Der Modus-Schalter des Hauptadapters wird auf *MASTER* gestellt, der Schalter des Nebenadapters auf *TERMINAL*.
Nun wird das Netzkabel and die *AC IN*-Buchse des jeweiligen Adapters angeschlossen und der dazugehörige Netzstecker in die Steckdose gesteckt.
Nun müssen die *SETUP*-Tasten der beiden Adapter ca. 1 Sekunde lang gedrückt gehalten werden, bis die *PLC*-Anzeige blau zu leuchten beginnt. Leuchtet die Anzeige im Anschluss durchgehend blau, war die Anmeldung erfolgreich.

**Warnungen und Sicherheitshinweise**

Bei der Verwendung dieses Produkts sind immer die grundlegenden Sicherheitsmaßnahmen zu beachten, um das Risiko eines Brands, elektrischen Schocks oder von Verletzungen zu reduzieren.
„Es ist wichtig, dass Sie alle Anweisungen lesen und verstehen. Bewahren Sie dieses Dokument zur späteren Referenz auf.

- Befolgen Sie alle Anweisungen in diesem Dokument, und beachten Sie alle Warnungen.

- Dieses Produkt darf nicht in der Nähe von Hitzequellen installiert werden, wie Heizkörpern, Öfen oder anderen Geräten (einschließlich Verstärkern), die Wärme erzeugen.
- Schützen Sie das Netzkabel vor Schäden, die durch Darauftreten und Zusammendrücken verursacht werden, insbesondere an Steckern, Buchsen sowie der Austrittsstelle am Gerät.
- Das Netzkabel dient als Hauptverbindung. Die Steckdose sollte sich in der Nähe des Gerätes befinden und leicht zugänglich sein.
- Verwenden Sie ausschließlich das mitgelieferte Netzkabel.
- Das Netzkabel muss immer angeschlossen sein. (Es ist normal, dass das Gerät während der Verwendung warm wird.)
- Zur Vermeidung eines Brands oder elektrischen Schocks darf das Gerät weder Regen noch Feuchtigkeit ausgesetzt werden.
- Kommen Sie während eines Gewitters mit dem Gerät oder dem Netzkabel nicht in Berührung.
- Trennen Sie das Gerät von der Stromversorgung, wenn es für längere Zeit nicht verwendet wird.
- Dieses Produkt darf nicht im Freien verwendet werden.
- Trennen Sie das Gerät von der Stromversorgung, wenn Rauch oder ungewöhnlicher Geruch austritt oder ein unübliches Geräusch erzeugt wird. Dadurch kann ein Brand oder ein elektrischer Schock ausgelöst werden. Stellen Sie sicher, dass kein Rauch mehr austritt, und wenden Sie sich an einen autorisierten Kundendienst.

Bewahren Sie diese Anweisungen auf.“[8]

**Mitgeliefertes Zubehör**

- HD-PLC Ethernet-Adapter
- Netzkabel
- Wichtige Informationen
- Erste Schritte
- CD-Rom

[8] Panasonic Co., 2006 (s. Zitatverzeichnis 5)

**Umgebungsbedingungen**

Temperatur

Lagerung: k.A.

Betrieb: 0°C bis 40°C

Luftfeuchtigkeit

20-85% Luftfeuchtigkeit

**Wartungs- und Prüfhinweise**

„Überlassen Sie sämtliche Wartungsarbeiten qualifizierten Kundendiensttechnikern. Eine Wartung ist dann erforderlich, wenn das Gerät in irgendeiner Weise beschädigt wurde, z. B. wenn das Netzkabel oder der Stecker beschädigt sind, das Gerät nicht einwandfrei funktioniert oder heruntergefallen ist.“[9]

**Sonstige Angaben**

Das Gerät besitzt eine Schutzisolierung und fällt somit in die Schutzklasse II.
Das Gerät ist nicht für die Anwendung im Außenbereich geeignet.
Das Gerät ist CE-konform. Benannte Stelle ist 0682: Cetecom ICT Services GmbH.
Das Gerät entspricht den EMV-Normen EN 55022, EN 55024 und EN 60950.

**10.3.2 Identifizierung der Gefahrenursachen**

**Gefährdung durch Energien**

Elektrische Energie:

Zwar wird vom Hersteller vorgeschrieben, nur das beiliegende Netzkabel zu verwenden, allerdings ist die Sicherheit von Patienten, Anwendern und Dritten nicht gefährdet, wenn ein anderes Netzkabel mit Kleingerätestecker nach IEC-603207 verwendet wird, solange dieser nicht beschädigt ist. Gleiches gilt für das verwendete Ethernet-Kabel.

Das Ethernet-Kabel muss galvanisch vom angeschlossenen Gerät getrennt werden.

[9] Panasonic Co., 2006 (s. Zitatverzeichnis 5)

Mechanische Energie:
Der Adapter sollte nicht fallen gelassen werden, da dies das dünne Gehäuse beschädigen könnte.

**Gefährdung durch Umwelteinflüsse**
Das Gerät sollte nicht in der Nähe von großen Wärmequellen stehen, da die Geräte im Betrieb hohe Temperaturen erreichen. Eine weitere Erwärmung könnte die Systemkomponenten beschädigen.

Das Gerät sollte vor Flüssigkeiten jeder Art geschützt werden. Die feste Montage an einer hohen Position ist empfehlenswert. Auch bei der Reinigung sollte auf Wasser verzichtet werden, eine trockenes, sauberes Tuch genügt.

Da es unwahrscheinlich erscheint, dass das Gerät keinerlei elektromagnetische Störungen erzeugt, sollte das Gerät einem entsprechenden Testverfahren unterzogen werden.

Es sollte darauf geachtet werden, dass keine unbefugte Person Zugang zum Master besitzt.

**Gefährdung durch falsche Anwendung**
In der Gebrauchsanweisung befindet sich eine widersprüchliche Information: Zum einen heißt es, das Netzkabel muss immer angeschlossen sein und im Anschluss heißt es, man solle den Adapter vom Netz nehmen, wenn dieser eine Weile nicht betrieben wird.

Die Aussage, dass die grundsätzlichen Sicherheitsmaßnahmen eingehalten werden sollen, müsste näher beschrieben werden.

Das Gerät sollte möglichst weit von anderen Verbrauchern entfernt betrieben werden, um Datenverlust und eine hohe Übertragungsgeschwindigkeit sicherzustellen. Als besonders beeinflussend sind Waschmaschinen, Bohrmaschinen, Computernetzteile oder Hochfrequenz-Chirurgiegeräte anzusehen.

# 11 Ergebnis

## 11.1 Vorteile

Die Powerline-Technik punktet deutlich bei der einfachen Installation. Bei Neuverkabelung eines bestehenden Gebäudes mit herkömmlichen Ethernet-Kabeln entsteht ein hoher zeitlicher und finanzieller Aufwand, besonders wenn die Leitungen elegant in der Wand verlegt werden sollen. Durch eventuelle Vorschriften des Denkmalschutzes wird diese Arbeit jedoch zusätzlich erschwert oder unmöglich gemacht.
Die Kosten für einen Powerline-Adapter belaufen sich je nach Anbieter auf ca. 40 bis 150€, was eine äußerst preiswerte Alternative gegenüber der Neuverkabelung darstellt.

Die populärste Alternative zur herkömmlichen Vernetzung stellt das WLAN dar., Wenn Stahlbetonwände das Signal stark abschwächen, stößt diese Technik jedoch schnell an ihre Grenzen.
Ebenso treten Probleme auf, wenn große Entfernungen überbrückt werden sollen, da jedes Hindernis das Signal weiter schwächt. Zwar erreicht WLAN im offenen Feld vergleichbar mit Powerline eine Reichweite von 300 Metern, allerdings sinkt die Reichweite bei einer Ausbreitung durch geschlossene Räume auf ca. 90 Meter ab, ein Problem, welches bei der Powerline-Vernetzung keinerlei Relevanz besitzt.
Mit einer durchschnittlichen Netto-Übertragungsrate von ca. 2-16 Mbit/s (beim WLAN-Standard 802.11g) befindet sich die Powerline-Technik mit einer Netto-Übertragungsrate von ca. 10-60 Mbit/s ebenfalls klar im Vorteil.
Jedoch weist die Powerline-Technologie auch einige Nachteile auf.

## 11.2 Probleme in der Anwendung

### 11.2.1 Kollisionsgefahr

Es kann immer nur ein Adapter Daten senden oder empfangen. Versuchen mehrere Adapter zur selben Zeit Daten zu senden, gehen die gerade übertragenen Datenpakete verloren. Die sendenden Adapter können dies nicht selbst feststellen, erst nachdem der empfangende Adapter den Fehler in der Datenübertragung meldet, kann ein erneutes Senden der Daten initiiert werden.

Um weitere Kollisionen zu verhindern, warten die Sendestationen eine zufällig bestimmte Zeit ab, bevor ein neuer Sendeversuch gestartet wird.
Da mit jedem Powerline-Adapter die Gefahr von Kollisionen steigt, sinkt die Gesamtleistung merkbar ab.

### 11.2.2 Fehlende Abschirmung

Da Stromleitungen keine Abschirmung besitzen, sind Dämpfungs- und Übersprechwerte um ein Vielfaches höher als bei Netzwerkkabeln. Zusätzlich ändert sich durch An- und Abstecken, bzw. Ein- und Ausschalten von Verbrauchern die Impedanz ständig und Störeinflüsse treten auf. Aufgrund dieser Tatsachen kann das einwandfreie Funktionieren nicht garantiert werden, da es zu stark vom Zustand und momentanen Belastung der Leitungen abhängig ist.

### 11.2.3 Zu geringe Reichweite

Da sich die Reichweite eines HomePlug-Netzes auf max. 200-300m beläuft, ist es für Krankenhäuser, die eine wesentlich höhere Leitungslänge aufweisen, nicht geeignet, da das Signal unter Umständen gar nicht, oder unbrauchbar schwach am Empfänger ankommt.

### 11.2.4 Störsender

Der Wechselstrom aus der Steckdose ist nicht immer gleichmäßig und entspricht auch nicht immer der idealen Sinusform.
Jedes im Stromkreis angeschlossene Gerät stellt eine Störquelle für die Datenübertragung dar, da sie einen hohen Rauschpegel im Hausnetz erzeugen.
Zusätzlich beeinflusst jede induktive Last aus Motoren von Waschmaschinen, Bohrmaschinen oder Trafos von Halogen-Leuchten das Trägersignal.
Hauptstörursachen sind das Schaltnetzteil des PCs oder Elektromotoren in Mixern.
Die VDE schreibt zwar Grenzwerte für die induktive Last vor, die Summe aller Störquellen verursacht jedoch trotzdem einen erheblichen Unterschied in der Übertragungsqualität des Powerline-Netzwerkes.

## 11.3 Fazit

Das Netzwerk im Krankenhaus besitzt eine sehr hohe Relevanz, da dort sämtliche Patientendaten sowie Untersuchungsergebnisse gespeichert und versendet werden. Damit alle Anwender auf diese Daten zugreifen können, muss eine hohe Bandbreite sichergestellt sein. Spontane Geschwindigkeitseinbrüche können hier fatale Folgen haben.
Powerline stellt keinen gleichwertigen Ersatz zur herkömmlichen Ethernet-Verkabelung dar und es ist nicht empfehlenswert, ein gesamtes Krankenhaus über Powerline zu vernetzen. Der wohl größte Nachteil ist es, dass sich alle angeschlossenen Adapter die zur Verfügung stehende Bandbreite teilen müssen und die Geschwindigkeit für jeden einzelnen Anwender sinkt, je mehr Adapter sich im Netzwerk befinden.
Hierin besteht der Vorteil der herkömmlichen Vernetzung, da hier jedem Anwender die volle Bandbreite (100 Mbit/s) zur Verfügung steht.

Eine mögliche Anwendung ist die hybride Anwendung von herkömmlicher Verkabelung und Powerline:

- Neue Gebäudeteile werden vorrübergehend über Powerline mit dem Hausnetzwerk verbunden, bis die Ethernet-Leitungen verlegt wurden.
- Mobile medizinische Einheiten werden bei Bedarf per Adapter an das Stromnetz angeschlossen. Somit stellen sie eine Verbindung mit einem zentralen Powerline-Adapter her, der Zugang zum Krankenhausnetzwerk besitzt.

# 12 Weiterführende Untersuchungen

Ein interessanter Aspekt ist die genaue Erforschung der von den Powerline-Geräten verursachten Abstrahlung. Dies war aufgrund mangelnder Messgeräte allerdings nicht möglich.
Eine weitere Überlegung während der Erarbeitung dieser Technikerarbeit war ein Versuch, ob durch Übersprechen des Signals eine Verbindung hergestellt werden könnte, jedoch ließ sich keine passende Messumgebung finden, welche zwei vollkommen voneinander getrennte Stromnetze aufwies.

Da sich die Powerline-Technik stets weiterentwickelt, werden auch Maßnahmen zur Behebung der Störanfälligkeit und zur Steigerung der Übertragungsgeschwindigkeit ergriffen werden. Ein erneuter Blick auf die Powerline-Technik könnte daher in einigen Jahren durchaus interessant sein.

# 13 Zitatverzeichnis

Alle Internetquellen wurden zuletzt am 1.5.2009 um 19:17 Uhr überprüft.

1 „EMVG“ Abschnitt 1, §3 Abs. 1

2 Devolo AG, „Handbuch dLAN AVpro2“, 2007

3 Netgear Inc., „HDX101 Datenblatt“, 2004
ftp://ftp.netgear.de/download/HDX101/datenblatt_hdx101.pdf

4 Netgear Inc., „Netgear Installationsanleitung“, 2006

5 Panasonic Co., „Panasonic Wichtige Informationen“, 2006

# 14 Tabellenverzeichnis

Alle Internetquellen wurden zuletzt am 1.5.2009 um 19:17 Uhr überprüft.



# 15 Bildverzeichnis

Alle Internetquellen wurden zuletzt am 1.5.2009 um 19:17 Uhr überprüft.

Daniel Schmidt unter Verwendung von
http://www.csid.de/popup_image.php?pID=26&imgID=0

# 16 Literaturverzeichnis

Alle Internetquellen wurden zuletzt am 2.5.2009 um 15:29 Uhr überprüft.

**Unterscheidung PowerLAN und PLC / Funktionsweise**

1. http://de.wikipedia.org/wiki/Orthogonal_Frequency_Division_Multiplexing
2. http://de.wikipedia.org/wiki/Impedanz
3. http://de.wikipedia.org/wiki/PowerLAN
4. http://www.tomshardware.com/de/high-speed-powerline-communications,testberichte-1468-6.html
5. http://www.tomsnetworking.de/content/tipps_tricks/j2004a/workshop_homeplug_at_home/page3.html
6. http://www.tomsnetworking.de/content/tests/j2008a/test_zyxel_pla_470_ngb_318s/page5.html
7. http://www.tomsnetworking.de/content/tests/j2008a/test_d_link_dhp_301/index.html
8. http://de.wikipedia.org/wiki/Data_Encryption_Standard

**Verschlüsselung**

9. http://de.wikipedia.org/wiki/Data_Encryption_Standard
10. http://www.nexiondata.com/products/options/encrypt/desaes.htm

**Gesetzliche Bestimmungen**

11. http://www.ralf-woelfle.de/elektrosmog/redir.htm?http://www.ralf-woelfle.de/elektrosmog/technik/plc.htm
12. http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/technologie-und-innovation,did=230038.html
13. http://de.wikipedia.org/wiki/EMVG
14. http://www.buzer.de/gesetz/8099/index.htm
15. http://de.wikipedia.org/wiki/ICNIRP
16. http://de.wikipedia.org/wiki/Carrier_Sense_Multiple_Access/Collision_Detection
17. http://de.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11
18. http://de.wikipedia.org/wiki/10BaseT
19. http://www.itwissen.info/definition/lexikon/IEEE-802-3-802-3.html

20. http://www.tomsnetworking.de/content/reports/j2009a/report_cebit09_powerline_status_quo/page4.html
21. http://www.tomsnetworking.de/content/reports/j2009a/report_cebit09_powerline_status_quo/page5.html
22. http://www.vde-verlag.de/normen/emv.pdf
23. http://www.vde-verlag.de/data/normen.php?action=normdetail&vertriebsnr=0878016&quicksearch=1&loc=de
24. http://www.vde-verlag.de/data/normen.php?action=normdetail&vertriebsnr=0808019
25. http://www.vde-verlag.de/data/normen.php?action=normdetail&vertriebsnr=0805015
26. http://www.vde-verlag.de/data/normen.php?action=normdetail&vertriebsnr=0878014&quicksearch=1&loc=de
27. http://www.dimedtec.de/Gesetzliche_Grundlagen~DIN_EN_60601-1-1~44~138.aspx
28. http://www.dimedtec.de/DIN_EN_60601-1-2~DIN_EN_60601-1-2~139.aspx

**Praxistestreihe 1**

29. Panasonic Co., „Panasonic Wichtige Informationen“, 2006
30. Netgear Inc., „Netgear Installationsanleitung“, 2006
31. Devolo AG, „Handbuch dLAN AVpro2“, 2007
32. Artikel „Steckdosen-Netz“ C’t 2007, Heft 10
33. http://www.amazon.de/Netgear-HDX101-100ISS-Powerline-Ethernet-Adapter/dp/B000FU7F8U/ref=sr_1_1?ie=UTF8&s=ce-de&qid=1240870282&sr=1-1

**Elektromagnetische Verträglichkeit**

34. http://de.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetische_Vertr%C3%A4glichkeit
35. http://www.energie.ch/themen/industrie/emv/index.htm
36. http://de.wikipedia.org/wiki/St%C3%B6rabstand
37. MedIT-Unterrichtsmitschriften

**Praxistestreihe 2**

38. http://de.wikipedia.org/wiki/HF-Chirurgie
39. http://www.atmosmed.de/html/seiten/produkte;kat,112$produkt,102$reiter,7;3,de.html?PHPSESSID=e474b1a3456d5528e8a78d759173980a

**Elektrische Sicherheit**

40. http://www.janson-soft.de/seminare/dh7uaf/plcafu.pdf
41. http://www.patientenumgebung.de/content/WasbedeutetPatientenumgebung.aspx
42. Stolpe Medizintechnik, „Medical PC“ Präsentation, 2005 http://www.patientenumgebung.de/files/folders/vortrge__referate/entry424.aspx
43. http://www.csid.de/Netzwerk-Isolation/Netzwerk-Isolator-MED-MI-1005--68.html?XTCsid=a8d43e809e785dd8df9c6ca1c7b184da
44. http://www.medisol.org/produkte/wissen-technik/viewmedic-technologien/potenzialausgleich-zpa.html
45. http://www.iso-14971.de/
46. http://www.baaske.net/galvanische_netzwerktrennung_mi.html
47. MedIT-Unterrichtsmitschriften

**Risikobewertung**

48. Devolo AG, „Handbuch dLAN AVpro2“, 2007
49. Devolo AG, „dLAN AVpro2 Datenblatt“, 2007
50. ftp://ftp.netgear.de/download/HDX101/datenblatt_hdx101.pdf
51. http://www.netgear.de/Produkte/Powerline/HDX101/datenblatt.html
52. Netgear Inc., „Netgear Installationsanleitung“, 2006
53. Panasonic Co., „Panasonic Wichtige Informationen“, 2006

**Ergebnis**

54. http://de.wikipedia.org/wiki/WLAN
55. http://www.sti-innsbruck.at/fileadmin/documents/mobileadhoc_0506/02_Oezbek_WLAN.pdf

# 17 Selbstständigkeitserklärung

Hiermit bestätige ich, dass ich bei der Erarbeitung dieser Technikerarbeit mit dem Titel „Untersuchung der Anwendbarkeit von Powerline im Krankenhaus“ keine, als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel zur Erarbeitung dieser Arbeit genutzt habe.

Berlin, den 2.Mai.2009 Daniel Schmidt